



**SKRIPSI - ME 141501**

**ANALISA DAN OPTIMASI DARI HYDROFOIL SUPPORTED  
CATAMARAN(HYSUCAT) DENGAN UKURAN 25 METER MENGGUNAKAN  
METODE CFD**

**Andre Arya B  
NRP 4211 100 065**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng., FIMarEST, MRINA**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - ME 141501**

**ANALISYS AND OPTIMAZION OF HYDROFOIL SUPPORTED CATAMARAN  
(HYSUCAT) 25 METRES USING CFD METHOD**

**Andre Arya B  
NRP 4211 100 065**

**Supervisor :  
Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng., FIMarEST, MRINA**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Analisa dan Optimasi Hydrofoil Supported Catamaran (Hysucat) dengan Ukuran 25 meter Menggunakan Metode CFD* “. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan pada bimbingan kita Nabi Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di hari akhir kelak.

Penyelesaian skripsi ini bukan hanya semata-mata kerja seorang diri dari penulis, banyak sekali pihak yang turut membantu kesuksesan penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin berterima kasih dan memberikan apresiasi setinggi-tingginya kepada pihak yang turut membantu penyelesaian skripsi ini.

Skripsi ini saya dedikasikan untuk :

1. Allah SWT Tuhan semesta alam, atas segala kuasa dan petunjuk-Nya sehingga penulisan skripsi ini tidak mengalami hambatan yang berarti.
2. Nabi Muhammad SAW, sang pembawa cahaya cerah yang kami nantikan syafaatnya di hari akhir.
3. Kedua orang tua saya, Suharyono dan Nunik Budi Harini yang senantiasa memberikan doa, restu dan kasih sayang yang tak pernah putus
4. Bapak Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng., FIMarEST, MRINA selaku dosen pembimbing atas segala dukungan dan motivasi yang telah diberikan.
5. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
6. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng., selaku dosen wali saya selama masa perkuliahan
7. Bagus Andika Warisman ST, teman angkatan saya yang telah lulus terlebih dahulu

8. Teman-teman penulis AMPIBI 11, terima kasih atas dukungan dan semangat yang diberikan.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu sehingga skripsi bisa terselesaikan dengan lancar.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA DAN OPTIMASI DARI HYDROFOIL SUPPORTED CATAMARAN(HYSUCAT) DENGAN UKURAN 25 METER MENGUNAKAN METODE CFD**

#### **SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**ANDRE ARYA B  
NRP. 4211 100 065**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

**Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng., FIMarEST, MRINA**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop and several strokes, positioned over the name of the supervisor.

**SURABAYA**

**.2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA DAN OPTIMASI DARI HYDROFOIL SUPPORTED CATAMARAN(HYSUCAT) DENGAN UKURAN 25 METER MENGUNAKAN METODE CFD

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANDRE ARYA B**

NRP. 4211 100 065

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT**

**NIP. 1977 0802 2008 01 1007**

SURABAYA  
JANUARI, 2016

# **ANALISA DAN OPTIMASI HYDROFOIL SUPPORTED CATAMARAN (HYSUCAT) UKURAN 25 METER MENGUNAKAN METODE CFD**

**Nama Mahasiswa** : Andre Arya B.  
**NRP** : 4211 100 065  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil.,  
CEng., FIMarEST, MRINA

## **Abstrak**

Dalam bidang transportasi, manusia selalu memikirkan apakah ada alat transportasi yang cepat dan hemat bahan bakar. Kapal merupakan alat transportasi yang sangat murah jika dibandingkan dengan alat transportasi jenis lainnya. Dalam bidang perkapalan, sebagai contoh bentuk kapal dengan lambung ganda ataupun tiga yaitu catamaran dan trimaran bahkan dengan menggunakan foil sehingga kapal dapat memiliki tahanan yang lebih kecil lagi untuk mencapai efisiensi optimal.

Dengan tujuan agar dapat merencanakan bentuk foil yang maksimal sebagai penghasil gaya lift kapal jenis catamaran 25 meter, dan juga untuk menentukan tipe hydrofoil yang menghasilkan gaya lift maksimal dengan menggunakan aplikasi CFD.

Batasan masalah yang diberikan pada skripsi ini yaitu mengenai perencanaan akan dilakukan untuk kapal dengan lambung jenis catamaran, pemodelan foil dengan menggunakan NACA Series 4-Digit, jenis variasi chord foil 3.0m , 2.5m , 2.0m , 1.5m , 1.0m , Jenis variasi profil foil 2212, 2306, 2309, 4306 dan 4712, Kecepatan kapal yang akan dicapai adalah 25 knot, Sudut serang (angle of attack) terhadap foil adalah 0°, 4°, 8°, 12°, 16°, 20°, 22°, 24°, 28°, 32°, dan 35°. Foil dengan panjang chord yang sama namun dengan profil chamber yang lebih tebal akan memiliki gaya lift yang lebih besar pada AOA yang sama, untuk rata-rata dari masing-masing profil foil sekitar 16% , dengan yang paling besar 28% dari displasment kapal catamaran 25m.

**Kata kunci** : *optimasi, foil, gaya lift, CFD, chord, profil, angle of attack*

# **ANALISYS AND OPTIMAZION OF HYDROFOIL SUPPORTED CATAMARAN (HYSUCAT) 25 METRES USING CFD METHOD**

**Student's Name** : Andre Arya B.  
**NRP** : 4211 100 065  
**Departement** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : Ir. H. Agoes Santoso MSc., Mphil.,  
CEng., FIMarEST, MRINA

## **Abstract**

In transportation, people are always wondering if there is a means of transportation that more fast and more efficient. Ships are a means of transportation which is very cheap compared to other types of transportation. And progress of developing about marine and shipping are still continue. In marine world, as an example of a ship with a double hull (catamaran) or three (trimaran) are even using the foil so that the vessel can have a smaller resistance again to achieve optimal efficiency.

As a purpose to plan a maximum foil shape as producers of lift force of the type catamaran style boat of 25 meters, and also to determine the type of hydrofoil that produces maximum lift force using CFD applications.

Limitation of problems given in this paper that the plan will be carried out to the vessel with a catamaran hull types, modeling foil using NACA Series 4-Digits, variation of chord foils 3.0m, 2.5m, 2.0m, 1.5m, 1.0m, type of variation profile foil in 2212, 2306, 2309, 4306 and 4712, speed boat that will be achieved is 25 knots, angle of attack (angle of attack) against the foil is 0°, 4°, 8°, 12°, 16°, 20°, 22°, 24°, 28°, 32° and 35°. Foil which has same chord but thicker chamber will result more of force lift in same condition of AOA, with the average is 16%, and the biggest is 28% from catamaran ship's displacement 25m.

**Keywords:** *optimization, foil, lift force, CFD, chord, profile, angle of attack*



## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	<b>v</b>
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. <b>Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
1.2. <b>Perumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
1.3. <b>Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
1.4. <b>Tujuan Penelitian</b> .....	<b>2</b>
1.5. <b>Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <b>Pengertian Mono-hull dan Multi-hull</b> .....	<b>5</b>
2.2. <b>Sejarah dan Pengertian Kapal Jenis Catamaran</b> .....	<b>6</b>
2.3. <b>Bentuk Lambung Kapal Multi-hull Jenis Catamaran</b> .....	<b>8</b>
2.3.1. <b>Karakteristik lambung Tipe-A. Tipe Australia dengan sponsons simetri, medium-square tunnel, low deadrise</b> .....	<b>9</b>
2.3.2. <b>Karakteristik Lambung Type-B. Jenis kapal layar dengan sponsons simetri round-bilge dan tunnel, deep forefoot, tanpa strakes.</b> .....	<b>10</b>
2.3.3. <b>Karakteristik Tipe-C. Sponson asimetri dengan low deadrise bottoms.</b> 11	
2.4. <b>Pengertian Kapal Hysucat</b> .....	<b>12</b>
2.5. <b>Pengertian Foil seri NACA</b> .....	<b>16</b>
2.5.1. <b>Seri 4 Digit</b> .....	<b>17</b>
2.5.2. <b>Koefisien Lift dan Drag Pada Foil</b> .....	<b>19</b>
BAB III.....	21
METODOLOGI.....	21
3.1. <b>Flow chart alur pengerjaan</b> .....	<b>21</b>

3.2.	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	22
3.3.	Studi Literatur .....	22
3.4.	Pembuatan Model .....	22
3.5.	Pengujian Model dengan Pendekatan CFD .....	22
3.6.	Validasi .....	22
3.7.	Kesimpulan dan Saran .....	23
BAB IV .....		25
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1.	Pembuatan Model .....	25
4.2.	Variasi .....	30
4.3.	Analisa Model Foil .....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		52
5.1.	Kesimpulan.....	52
5.2.	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN .....		55

## DAFTAR TABEL

• Tabel 4. 1 Perhitungan spesifikasi model 3D dengan MAXSURF 11.12.	28
• Tabel 4. 2 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2212 .....	35
• Tabel 4. 3 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2306 .....	35
• Tabel 4. 4 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2309 .....	36
• Tabel 4. 5 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4306 .....	36
• Tabel 4. 6 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712 .....	37
• Tabel 4. 7 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 1 m .....	43
• Tabel 4. 8 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 1.5m .....	44
• Tabel 4. 9 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 2.0m .....	44
• Tabel 4. 10 Tabel 4. 11 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 2.5m .....	45
• Tabel 4. 14 Tabel tahanan dan efisiensi model catamaran dengan foil 4712 dengan menggunakan ANSYS 13. ....	50
• Tabel 4. 15 Tabel tahanan dan efisiensi model catamaran dengan foil 4712 dengan menggunakan MAXSURF 11.12. ....	50

## DAFTAR GAMBAR

• Gambar 2. 1 jenis kapal (research ship) mono-hull .....	5
• Gambar 2. 2 Jenis kapal layar (sail-boat) multi-hull catamaran .....	6
• Gambar 2. 3 Jenis kapal multi-hull trimaran balap (racing trimaran) .....	6
• Gambar 2. 4 Bentuk lambuk catamaran (a) simetri, (b) asimetri dengan bagian dalam lurus,(c) asimetri dengan bagian luar lurus .....	8
• Gambar 2. 5 Bentuk lambung catamaran secara melintang.....	9
• Gambar 2. 6 lambung tipe-A.....	9
• Gambar 2. 7 lambung tipe-B .....	10
• Gambar 2. 8 lambung tipe-C .....	11
• Gambar 2. 9 kapal jenis Hysucat .....	12
• Gambar 2. 10 peletakan foil Hysucat .....	13
• Gambar 2. 11 resultan dan rasio gaya pada foil.....	14
• Gambar 2. 12 gaya pada kapal Hysucat .....	15
• Gambar 2. 13 Profile geometry – 1: Zero lift line; 2: Leading edge; 3: Nose circle; 4: Camber; 5: Max. thickness; 6: Upper surface; 7: Trailing edge; 8: Camber mean-line; 9: Lower surface .....	17
• Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian .....	21
• Gambar 4. 1 Spesifikasi dari kapal pembanding .....	25
• Gambar 4. 2 General Arrangement kapal pembanding .....	26
• Gambar 4. 3 Lines plan kapal pembanding .....	27
• Gambar 4. 4 Model 3D MAXSURF ver 11.12.....	29
• Gambar 4. 5 Grafik Tahanan vs Kecepatan.....	30
• Gambar 4. 6 Grafik Power vs Kecepatan .....	30
• Gambar 4. 7 Geometri foil 2122 .....	31
• Gambar 4. 8 Pandangan Perspektif 3D foil 2212 .....	32
• Gambar 4. 9 tampilan ICEM CFD dengan .....	33

- Gambar 4. 10 Hasil meshing model .....33
- Gambar 4. 11 tampilan CFX dengan meshing model foil 2212-0°-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter .....34
- Gambar 4. 12 tampilan CFX dengan meshing model foil 2212-0°-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter dengan boundary domain yang sudah ditentukan .....34
- Gambar 4. 13 Grafik lift, drag foil 2212 .....37
- Gambar 4. 14 Grafik displasmen foil 2212 .....38
- Gambar 4. 15 Grafik lift, drag foil 2306 .....38
- Gambar 4. 16 Grafik displasmen 2306 .....39
- Gambar 4. 17 Grafik lift, drag foil 2309 .....39
- Gambar 4. 18 Grafik displasmen 2309 .....40
- Gambar 4. 19 Grafik lift, drag foil 4306 .....40
- Gambar 4. 20 Grafik displasmen 4306 .....41
- Gambar 4. 21 Grafik lift, drag foil 4712 .....41
- Gambar 4. 22 Grafik displasmen 4712 .....42
- Gambar 4. 23 Grafik lift and drag foil 4712, chord 1.0 meter .....45
- Gambar 4. 24 Grafik displasmen foil 4712, chord 1.0 meter .....46
- Gambar 4. 25 Grafik lift and drag foil 4712, chord 1.5 meter .....46
- Gambar 4. 26 Grafik displasmen foil 4712, chord 1.5 meter .....47
- Gambar 4. 27 Grafik lift and drag foil 4712, chord 2.0 meter .....47
- Gambar 4. 28 Grafik displasmen foil 4712, chord 2.0 meter .....48
- Gambar 4. 29 Grafik lift and drag foil 4712, chord 2.5 meter .....48
- Gambar 4. 30 Grafik displasmen foil 4712, chord 2.5 meter .....49

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Hysucat atau kepanjangan dari Hydrofoil Supported Catamaran merupakan salah satu kapal dengan jenis hybrid, yaitu menggabungkan antara kapal jenis hydrofoil dengan kapal jenis catamaran. Kapal ini menggunakan motor sebagai penghasil tenaga pada sistem propulsinya. Kapal dengan jenis ini diharapkan mampu memiliki efisien yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapal cepat jenis catamaran atau dengan kapal deep-v-monohull.

Kapal ini menggunakan prinsip seperti pesawat terbang, yaitu menggunakan foil atau sayap sebagai penghasil gaya lift. Gaya lift ini ditujukan untuk mengangkat badan kapal yang akan menghasilkan efek damping yaitu mengurangi luasan badan kapal yang tercelup di air, sehingga dapat mengurangi tahanan kapal, sehingga dengan daya motor yang sama, kapal akan dapat melaju pada kecepatan yang lebih tinggi yang secara otomatis meningkatkan efisiensi dari kapal tersebut.

Foil ini harus diletakkan pada keel tidak lebih dari lebar kapal dan harus diletakkan pada bagian LCG (length of center gravity) untuk menghasilkan gaya angkat yang seimbang dan menghasilkan trim yang diinginkan. Pada awalnya jenis kapal Hysucat ini menggunakan satu buah foil pada bagian LCG kapal, sehingga penggunaan foil dengan pitch yang bervariasi sangatlah dibutuhkan. Penggunaan foil dengan variable pitch ini sangatlah susah, dikarenakan kondisi ombak air laut yang berubah-ubah. Untuk menanggulangi itu, digunakan tail foil, yaitu foil dengan dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan main foil yang berfungsi untuk mengatur trim pada bagian after kapal sesuai dengan yang

diinginkan. Dengan menggunakan tail foil ini, penggunaan variable pitch foil tidaklah dibutuhkan.

Pada tugas akhir ini dirancang bagaimana optimalisasi main foil dan tail foil terhadap gaya lift yang dihasilkan untuk kapal dengan jenis catamaran 25 meter. Sehingga dengan menggunakan foil pada Hysucat ini dapat menghasilkan gaya lift dan mencapai efisiensi yang maksimal.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang diangkat dalam skripsi ini adalah :

- Bagaimana rancangan bentuk hydrofoil yang efisien untuk kapal jenis catamaran dengan panjang 25 meter
- Bagaimana pengaruh jenis NACA Series 4-Digit series terhadap gaya lift kapal jenis catamaran yang dihasilkan

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diberikan pada skripsi ini adalah :

- Perencanaan akan dilakukan untuk kapal dengan lambung jenis catamaran
- Pemodelan foil dengan menggunakan NACA Series 4-Digit
- Jenis variasi chord foil 3.0m , 2.5m , 2.0m , 1.5m , 1.0m
- Jenis variasi profil foil 2212, 2306, 2309, 4306 dan 4712
- Kecepatan kapal yang akan dicapai adalah 25 knot
- Sudut serang terhadap foil adalah  $0^\circ$  ,  $4^\circ$  ,  $8^\circ$  ,  $12^\circ$  ,  $16^\circ$  ,  $20^\circ$  ,  $22^\circ$  ,  $24^\circ$  ,  $28^\circ$  ,  $32^\circ$  , dan  $35^\circ$ .

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah :

- Dapat merencanakan bentuk foil yang maksimal sebagai penghasil gaya lift kapal jenis catamaran 25 meter
- Dapat menentukan tipe hydrofoil yang menghasilkan gaya lift maksimal.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang akan dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Adapun manfaat yang diperoleh antara lain :

- Dapat merencanakan bentuk dan tipe foil yang optimal untuk hydrofoil support catamaran.
- Dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi dalam penulisan tugas akhir selanjutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Mono-hull dan Multi-hull**

Dalam pengertian mono-hull dan multi-hull ini merupakan bentuk dasar dari jumlah lambung kapal. Dengan pada umumnya desain kapal jenis mono-hull yaitu jenis kapal yang memiliki satu lambung kapal. Namun dengan berkembangnya jaman, untuk mencapai efisiensi yang lebih baik, baik dalam hal kecepatan, tahanan maupun keseimbangan, maka diliriklah kapal dengan jenis multi-hull, yang dengan jumlah lambung kapal lebih dari satu ; dua (catamaran), tiga (trimaran) maupun lima (pentamaran). Namun dalam teretusnya bentuk dari kapal multi-hull ini juga disebabkan oleh bentuk dari kebudayaan, yaitu pada kebudayaan Polynesia di India (6).



*Gambar 2. 1 jenis kapal (research ship) mono-hull*

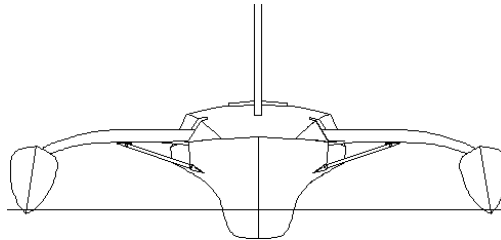
*Sumber : <http://www.nauticexpo.com/prod/grandweld-shipyards/product-50512-378783.html>*



*Gambar 2. 2 Jenis kapal layar (sail-boat) multi-hull catamaran*

*Sumber : Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull*

*Myanmar Maritime University Department of Naval Architecture and Ocean Engineering*



*Gambar 2. 3 Jenis kapal multi-hull trimaran balap (racing trimaran)*

*Sumber : Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull*

*Myanmar Maritime University Department of Naval Architecture and Ocean Engineering*

## **2.2. Sejarah dan Pengertian Kapal Jenis Catamaran**

Pengertian dari jenis kapal catamaran adalah kapal yang terdiri dari dua lambung yang masing-masing antar lambung dihubungkan dengan suatu struktur, baik itu frame atau bridging sebagai platform dari kapal. Platform ini terbebas dari permukaan air, sehingga kapal ini dengan luasan deck

yang lebih besar dapat memiliki resistan akibat air laut yang lebih kecil, dikarenakan luas area basah kapal ini lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal jenis mono-hull. Tinggi dari platform deck catamaran ini menyesuaikan dengan jenis dan jalur pelayaran kapal tersebut. Kombinasi luas deck yang besar dan berat kapal kosong yang rendah membuat kapal tipe ini dapat diandalkan untuk melayani transportasi muatan antar kota maupun untuk pariwisata. (3)

Dalam sejarahnya dianut jenis kapal multi-hull catamaran ini sejak masa Paravas, komunitas nelayan di pesisir selatan Tamik Nadu, India, dimana catamaran Polynesia dan kano-kano penggandung diperbolehkan untuk digunakan dalam berlayar untuk menempati pulau terjauh dan tak berpenghuni di dunia. (6)

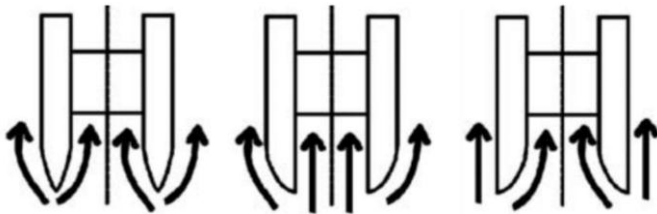
Pada saat itu dalam pandangan bagi para pelaut di daerah barat yang terbiasa dengan jenis kapal mono-hull memiliki keraguan karena desain kapal multi-hull tersebut sangat asing bagi mereka yang keseimbangan dari kapal tersebut berdasarkan bentuk bukan dari distribusi berat. Namun keraguan para pelaut ini terbantahkan karena catamaran menjadi desain kapal terbaik untuk kapal feri cepat (fast ferries) dengan kecepatan, keseimbangan dan kapasitas kapal tersebut yang mengagumkan. (6)

Kapal layar jenis twin hull atau kapal motor sudah ada sejak kapal pesiar (pleasure craft), secara umum karena kecepatannya dan keseimbangannya. Kapal Feri Catamaran kecepatan tinggi dapat mencapai kecepatan 40 knots (74 km/h). Catamaran pada umumnya memiliki panjang sekitar 15 ft hingga 330 feet dan berada dalam jenis kapal layar tercepat dan kapal motor.(6)

### 2.3. Bentuk Lambung Kapal Multi-hull Jenis Catamaran

Bentuk lambung catamaran pada berbagai kapal tidaklah sama. Terdapat banyak model bentuk badan catamaran. Bila dilihat sekilas berdasarkan penampang atas, kapal jenis catamaran terdiri dari jenis :

- Simestris
- Asimetris dengan bagian dalam lurus
- Asimetris dengan bagian luar lurus. (3)



Gambar 2. 4 Bentuk lambung catamaran (a) simetri, (b) asimetri dengan bagian dalam lurus, (c) asimetri dengan bagian luar lurus

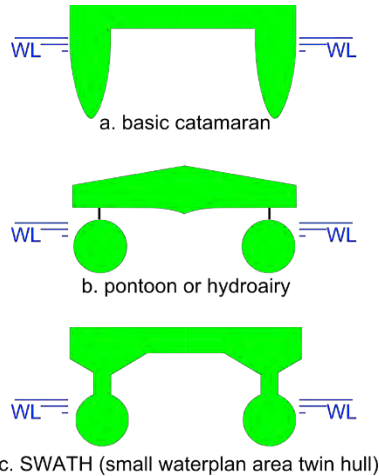
Sumber :Dwi Mardianto, Oky - Analisis Teknis dan Ekonomis

Perancangan Kapal Cruise Wisata dengan Bentuk Hull Catamaran pada Rute Pelayaran Pelabuhan Manado – Taman Nasional Bunaken, Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya

Ketika membahas tentang catamaran, tidak hanya membicarakan satu jenis lambung saja, namun menjelaskan pula mengenai banyak jenis lambung dari konstruksinya dan optimasinya untuk tujuan yang berbeda-beda.

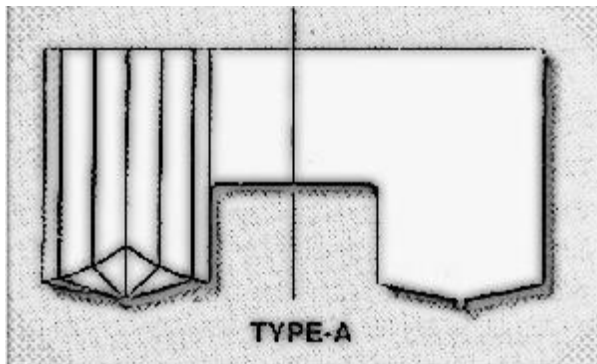
Dalam penampang melintangnya, bentuk dari lambung catamaran ini dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu

- Basic catamaran
- pontoon or hydroairy type dan
- SWATH (small waterplan area twin hull).(6)



*Gambar 2. 5 Bentuk lambung catamaran secara melintang*

### **2.3.1. Karakteristik lambung Tipe-A. Tipe Australia dengan sponsons simetri, medium-square tunnel, low deadrise.**



*Gambar 2. 6 lambung tipe-A*

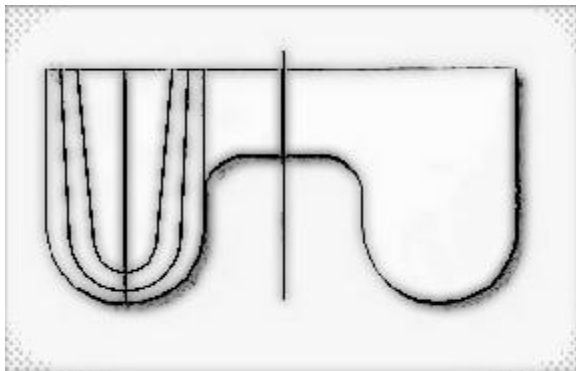
*Sumber : Kyaw, Htike Aung, Tin, Paing Hein Htet, Htet, Kaung Zaw - Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Myanmar Maritime University*

Catamaran Tipe-A ini populer di Australia ketika ditemukannya dua jenis sponson yang simetri identic yang mengurangi biaya pembuatan dan memberikan lebar maksimal pada kapal. Dan juga kestabilan dari kapal jenis ini juga sangatlah baik. Ketika tinggi dari gelombang air tidak lebih dari setengah tinggi dari tunnel, melewati alas konstruksi bridging maka memberikan kenyamanan dan ekonomis yang baik.

Tahanan kapal ini sangat baik ketika berada di permukaan air yang tenang (di sungai atau daerah pelabuhan) karena tahanan dari area basah dan low-wave making ini tetap rendah.

Namun kapal catamaran dengan jenis lambung seperti ini mengalami beberapa kendala ketika berada di laut terbuka saat mengalami ombak yang relatif besar.(6)

### **2.3.2. Karakteristik Lambung Type-B. Jenis kapal layar dengan sponsons simetri round-bilge dan tunnel, deep forefoot, tanpa strakes.**



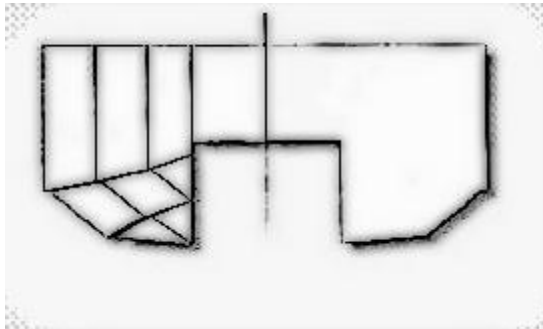
*Gambar 2. 7 lambung tipe-B*

*Sumber : Kyaw, Htike Aung, Tin, Paing Hein Htet, Htet, Kaung Zaw - Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Myanmar Maritime University*

Lambung catamaran tipe-B memiliki sponson round bilge yang simetris. Round-bilge memberikan tumpangan yang lembut dan tidak menimbulkan slam (hantaman) saat berkendara di laut yang berombak.

Lambung tipe-B ini memiliki water plan area yang relatif rendah sehingga hanya dapat membawa beban yang ringan dan ketika kondisinya overload, alas tunnel akan menyentuh permukaan air, sehingga dapat menyebabkan hambatan tambahan. Lambung tipe-B ini dapat digunakan untuk ide-ide jenis kapal baru seperti halnya Hysucat (hydrofoil supported catamaran) untuk meningkatkan efisiensi yang akan dibahas lebih lanjut di bab berikutnya. (6)

### **2.3.3. Karakteristik Tipe-C. Sponson asimetri dengan low deadrise bottoms.**



*Gambar 2. 8 lambung tipe-C*

*Sumber : Kyaw, Htike Aung, Tin, Paing Hein Htet, Htet, Kaung Zaw - Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Myanmar Maritime University*

Catamaran dengan jenis lambung in memiliki stabilitas yang baik, untuk lautan yang tenang, namun di beberapa lautan yang berombak, desain ini menyebabkan “steer”. Sebuah kondisi koreksi kemudi yang menghasilkan ketidaknyamanan

gerakan mengganggu (yawing) yang dapat menyebabkan rasa pusing. (6)

#### **2.4. Pengertian Kapal Hysucat**

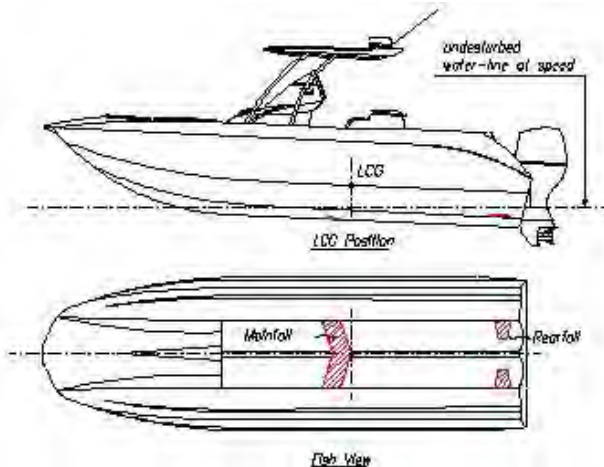
Kapal Hysucat (Hydrofoil Support Catamaran) merupakan kapal dengan jenis hybrid yang menggunakan foil sebagai alat untuk penghasil gaya lift dengan tujuan untuk memperkecil tahanan pada kapal. Hysucat merupakan jenis kapal hybrid yang memadukan antara bentuk kapal catamaran dengan foil yang sebelumnya digunakan pada kapal jenis hydrofoil monohull.(1)



*Gambar 2. 9 kapal jenis Hysucat*

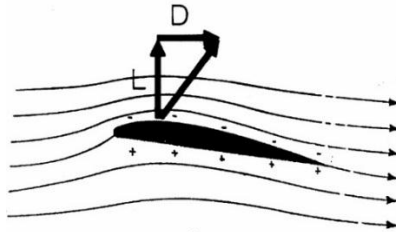
*Sumber : <http://www.xsmarine.com/Hysucat-Foil-Craft.htm>*





Gambar 2. 10 peletakan foil Hysucat  
 Sumber : <http://www.hysucraft.com/principles.aspx>

Hydrofoil pada kapal ini memiliki struktur seperti sayap yang terpasang dibawah garis air dengan memiliki sifat seperti sayap pada pesawat terbang. Dengan karakteristik profile streamline, yang menciptakan tekanan air pada bagian atas foil lebih rendah dibandingkan dengan tekanan pada bagian bawah foil, sehingga menimbulkan gaya angkat pada badan kapal. Penjumlahan seluruh elemen yang berhubungan dengan gaya angkat pada foil menghasilkan gaya angkat “L” (lift) yang arahnya vertical dari aliran air, dan gaya Tarik “D” (dragforce) yang arahnya sejajar dengan aliran air. (1)



D - drag, lost effort

L - lift, useful effort

$\epsilon = \frac{D}{L}$  load carrying efficiency

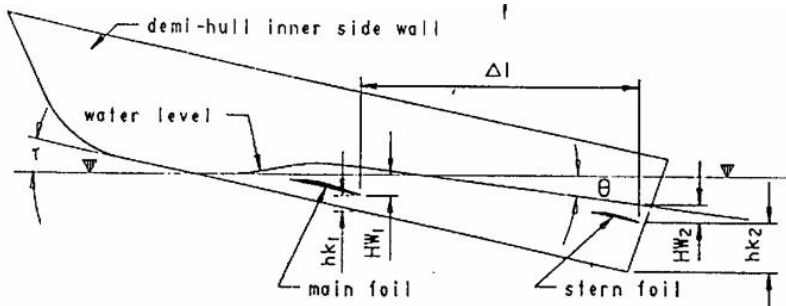
Gambar 2. 11 resultan dan rasio gaya pada foil

Sumber : <http://www.hysucraft.com/principles.aspx>

Dari gambar diatas, dapat diperoleh rasio gaya “L” angkat dengan gaya Tarik “D” sebagai acuan salah satu efisiensi dari hydrofoil.

Pada umumnya, jenis kapal hysucat memiliki foil hanya satu, main foil yang terletak pada LCG (long of center gravity) sehingga kapal terangkat tepat pada titik beratnya. Namun dalam hal ini, dibutuhkan foil dengan pitch yang dapat diubah-ubah untuk menghasilkan gaya angkat yang dibutuhkan berdasarkan kondisi air yang berbeda-beda, sehingga penggunaan main foil tunggal pada jenis kapal hysucat ini masih belum mencapai efisiensi maksimal.

Dengan penambahan tail foil, yaitu sayap belakang yang terletak pada bagian stern kapal dapat mempertahankan kondisi trim kapal dalam kecepatan yang tinggi, sehingga meningkatkan efisiensinya, penggunaan main foil dengan pitch yang dapat diatur tidak diperlukan lagi. (1)



Gambar 2. 12 gaya pada kapal Hysucat  
 Sumber : <http://www.hysucraft.com/principles.aspx>

Tahanan pada kapal Hysucat ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan jenis kapal catamaran yang sejenis yang tidak menggunakan hydrofoil, khususnya pada saat kecepatan tinggi. Dengan tahanan kapal yang lebih kecil akibat dari penggunaan hydrofoil, maka pemilihan engine yang lebih kecil sesuai dengan proporsional kebutuhan dapat dilakukan. (1)

Main Hydrofoil yang dipasang diantara lambung kapal catamaran berfungsi sebagai foil pada umumnya saat beroperasi dalam fluida, permukaan atas menghasilkan tekanan rendah, sedangkan permukaan bawah menghasilkan tekanan yang tinggi dan massa air yang mengalir melewati foil dibelokkan ke bawah. (1)

Sehingga hasilnya berupa gaya angkat, yang menghasilkan dan meningkatkan efisiensi perencanaan lambung – pada umumnya rasio Lift / Drag dari lambung perencanaan adalah 4: 1 sedangkan dalam air adalah 20: 1. (1)

Hydrofoils yang lebih kecil (tail foil) yang dipasang di bagian dalam terowongan lambung catamaran diletakkan dekat bagian transom lambung. Tail foil ini memainkan peran penting dalam menghasilkan stabilisasi trim secara

longitudinal pada lambung pada saat berada di permukaan air di terowongan catamaran. (1)

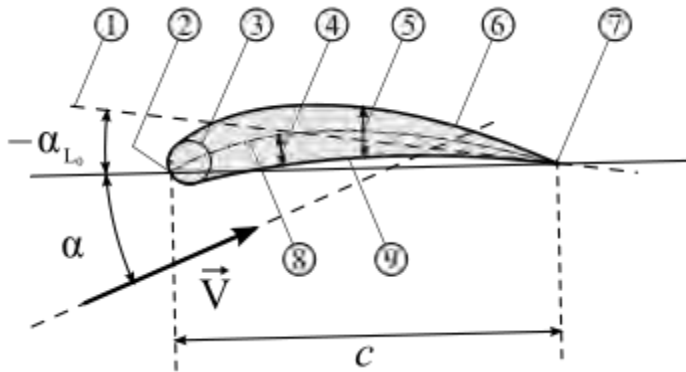
Secara umum, hydrofoil yang dipasang diantara lambung catamaran ini dipasang selebar dengan keels lambung dan sedalam mungkin untuk menjaga mereka sepenuhnya terendam, tapi tidak lebih rendah dari keels, karena foil ini tidak menonjol di bawah lambung, atau lebih lebar dari lebar lambung

Kapal dengan jenis hysucat ini memiliki keunggulan :

- Meningkatkan kecepatan untuk engine yang sama
- Tahanan kapal akibat luasan badan kapal yang basah menurun hingga 45% jika dibandingkan dengan kapal cepat lainnya.
- Engine yang lebih kecil dapat di gunakan untuk mencapai kecepatannya
- Memiliki akselerasi yang cepat
- Mengurangi efek wake size pada saat kecepatan tinggi.(2)

## **2.5. Pengertian Foil seri NACA**

Bentuk foil dari NACA yang digunakan untuk pesawat udara, dikembangkan oleh National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). bentuk dari NACA foil ini digambarkan / dideskripsikan dengan seri digit angka yang setelah kata "NACA". parameter-parameter dalam kode numerik ini dapat dimasukkan ke dalam perhitungan untuk menghasilkan bentuk penampang dari foil dan bagian lainnya secara tepat.(8)



Gambar 2. 13 Profile geometry – 1: Zero lift line; 2: Leading edge; 3: Nose circle; 4: Camber; 5: Max. thickness; 6: Upper surface; 7: Trailing edge; 8: Camber mean-line; 9: Lower surface

Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/NACA\\_airfoil](https://en.wikipedia.org/wiki/NACA_airfoil)

### 2.5.1. Seri 4 Digit

bentuk penampang NACA seri 4 digit ditentukan dengan profil sebagai berikut :

- angka pertama mendiskripsikan chamber maksimal diambil dari presentase chord
- angka kedua mendiskripsikan jarak maksimum chamber dari leading-edge foil (0-10) yang merupakan persen dari chord
- dua angka terakhir mendiskripsikan ketebalan maksimal dari foil diambil dari persentase chord

Sebagai contoh, foil NACA 2412 memiliki chamber 2% terletak di 40% (0.4 chord) dari leading edge dengan ketebalan maksimum 12% dari chord. foil dengan seri 4 digit yang standart memiliki ketebalan maksimal pada 30% dari chord (0.3chord) dari leading edge.(8)

Setelah mengetahui parameter-parameter diatas, kemudian parameter tersebut akan menjadi acuan yang digunakan dalam persamaan-persamaan untuk mengetahui koordinat bentuk

NACA yang dibuat. Berikut adalah persamaan yang digunakan

$$\pm y_t = \frac{t}{0.2} (0.2969\sqrt{x/c} - 0.1260(x/c) - 0.3516(x/c)^2 + 0.24843(x/c)^3 - 0.1015(x/c)^4) \quad (2.1)$$

dimana  $y_t$  adalah koordinat permukaan atas dan bawah untuk jenis NACA 4 digit yang tidak memiliki camber. Namun untuk jenis NACA 4 digit yang memiliki camber maka persamaan yang digunakan adalah.

$$y_c = \frac{m}{p^2} (2px - x^2) \quad \text{untuk } 0 \leq x \leq Pc$$

$$y_c = \frac{m}{(1-p)^2} [(1-2p) + 2px - x^2] \quad \text{untuk } Pc \leq x \leq c$$

$$x_u = x - y_t \sin \theta$$

$$y_u = y_c - y_t \cos \theta$$

$$x_L = x - y_t \sin \theta$$

$$y_L = y_c - y_t \cos \theta$$

$$\theta = \arctan \frac{dy_c}{dx}$$

$$\frac{dy_c}{dx} = \frac{2m}{p^2} \left( p - \frac{x}{c} \right) \quad \text{untuk } 0 \leq x \leq Pc$$

$$\frac{dy_c}{dx} = \frac{2m}{(1-p)^2} \left( p - \frac{x}{c} \right) \quad \text{untuk } Pc \leq x \leq c \quad (2.2)$$

Dimana :

$y_c$  adalah koordinat camber dari sumbu y.

$x_u$  adalah koordinat sumbu x dari permukaan atas foil.

$y_u$  adalah koordinat sumbu y dari permukaan atas foil.

$x_L$  adalah koordinat sumbu x dari permukaan bawah foil.

$y_L$  adalah koordinat sumbu y dari permukaan bawah foil

### 2.5.2. Koefisien Lift dan Drag Pada Foil

Koefisien Lift adalah nilai koefisien yang dihasilkan oleh gaya angkat terhadap foil. Sedangkan koefisien drag adalah nilai koefisien yang dihasilkan oleh gaya hambat foil. Dalam percobaan yang membandingkan banyak model nilai inilah yang dijadikan sebagai acuan perbandingan. Hal ini dikarenakan luasan foil yang berbeda pada tiap model maka nilai koefisien inilah yang membuktikan seberapa efektif gaya Lift atau Drag terhadap luasan foil yang diberikan.

Koefisien Lift  $C_L$  dinyatakan dalam:

$$L = C_L \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot S$$
$$C_L = \frac{L}{0.5 \cdot \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot S} \quad (2.3)$$

Sedangkan koefisien drag  $C_D$  dinyatakan dalam :

$$D = C_D \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot S$$
$$C_D = \frac{D}{0.5 \cdot \rho \cdot U_{\infty}^2 \cdot S} \quad (2.4)$$

Dimana :

$C_L$  = koefisien Lift

$C_D$  = koefisien Drag

$L$  = gaya angkat

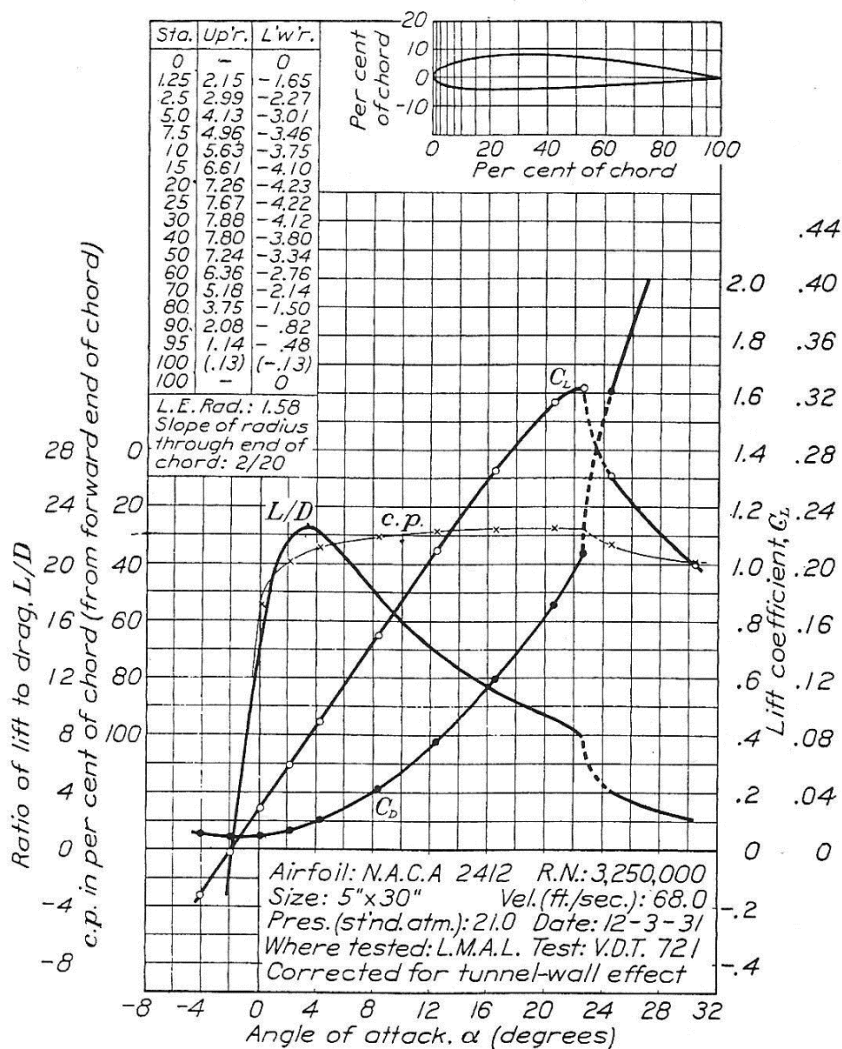
$D$  = gaya hambat

$\rho$  = massa jenis fluida (air laut)

$U_{\infty}$  = kecepatan aliran fluida (air laut)

$S$  = luas permukaan

Berikut adalah grafik koefisien lift yang dilakukan secara eksperimental.

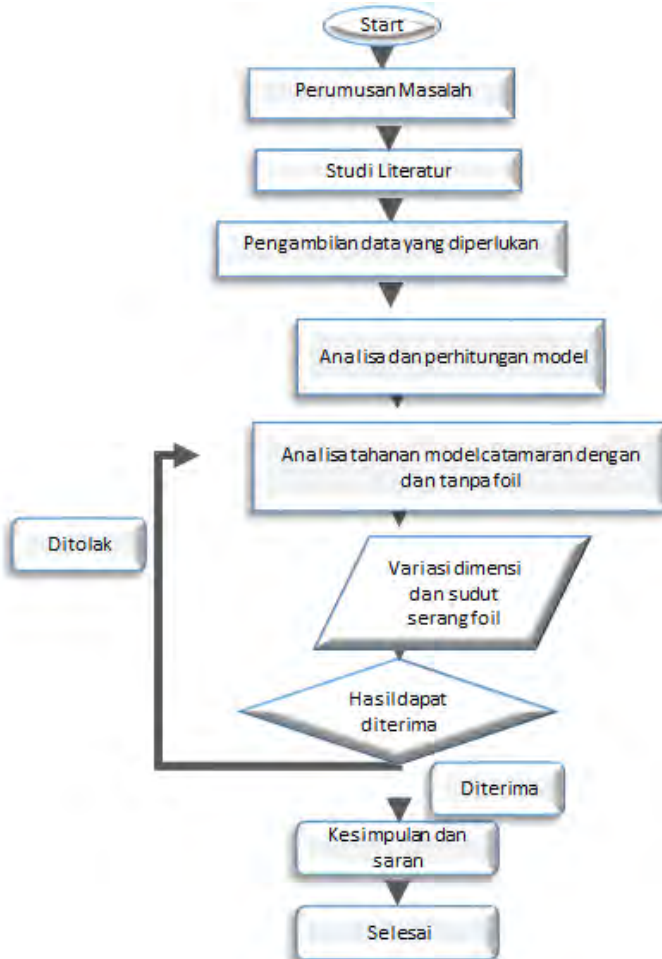


Gambar 2.14 Grafik coefficient lif – angle of attack –  
ratio drag and lift ( $L/D$ ) – center of pressure ( $c.p.$ ) foil NACA 4 series 2412  
Sumber : Senior Engineering Airfoil Packet



## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Flow chart alur pengerjaan



Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian

### **3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah tentang perencanaan foil untuk kapal jenis catamaran dengan dimensi 25 meter.

### **3.3. Studi Literatur**

Tahap selanjutnya adalah melakukan studi literature untuk memahami teori-teori dasar, acuan secara khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini. Studi literature dapat diperoleh dari buku jurnal, paper atau sumber dari internet yang mendukung di dalam pembahasan., juga dilakukan Tanya jawab dengan sumber yang berkompeten.

### **3.4. Pembuatan Model**

Pembuatan model terdiri dari model kapal catamaran sesuai dengan kapal pemanding dan model foil

Model tersebut dibuat dengan menggunakan aplikasi MAXSURF 11.12. serta ANSYS 13.0.

Untuk analisa data spesifikasi model yang telah dibuat, diperoleh dari MAXSURF 11.12.

Untuk menganalisa karakteristik dari masing-masing jenis foil menggunakan ANSYS 13.0

### **3.5. Pengujian Model dengan Pendekatan CFD**

Dilakukan dengan menganalisa bagaimana pengaruh perencanaan foil terhadap hasil tahanan dan displasmen kapal, yang berhubungan dengan gaya lift dan drag dari foil, sehingga dapat mengetahui tingkat efisiensi yang didapat.

### **3.6. Validasi**

Dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil analisa dari aplikasi yang digunakan sesuai dengan perhitungan secara hukum dasar.

### **3.7. Kesimpulan dan Saran**

Setelah dilakukan analisa data dan pembahasan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran-saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pembuatan Model

Pembuatan model dilakukan berdasarkan data dari kapal pembanding. Pembuatan model dilakukan dengan aplikasi MAXSURF ver 11.12. Berikut adalah data kapal pembanding.

SPESIFIKASI DATA KAPAL PENUMPANG TIPE CATAMARAN 200 PAX – ALUMINIUM	
	
<b>PRINCIPLE DIMENSION</b>	<b>MACHINERY</b>
Length Over All (LOA) : 25,95 m	Main Marine Engine : 2 x 1100 HP
Length Water Line (LWL) : 23,27 m	(2 x 821 KW/1900RPM)
Length of Perpendicular (LPP) : 24,21 m	Maker/type : BAUDOUIN 12M26SRP
Breadth (mld) Maximum : 9,00 m	Gearbox ZF2500 Gear ratio 1 : 2,462
Breadth (Demi-hull) : 2,75 m	Propeller : 85-105 HS-series
Height (mld) to main deck : 2,50 m	Speed Propeller : 753,97 rpm
Height Total (incl. Antenna) : 10,73 m	Diameter Propeller : 1092 mm
Draft (maximum) : 1,00 m	Propeller Pitch : 1125 mm
Displacement : 72,00 Ton	Diameter Poros Utama : 4,5 inch
Speed (Maximum) : 25 Knot	Diesel Generator set : 2 x 63 KVA
Speed (Cruising) : 21 Knot	50 KW/50Hz/1500RPM/PERKINS PDM-63
Speed (Economy) : 18 Knot	Emergency Battery : 4 x 200 AH
Crews : 7 persons	2 x 120 AH
Passenger : 200 persons	
Endurance (at cruising 21 Knot) : 400 NM	<b>NAVIGATION &amp; COMMUNICATION</b>
Endurance (at econo. 18 knot) : 500 NM	EPIRB 406 MHz Sattelite
Endurance time (at cruising) : 4 x 8 jam	SART
	RADAR 24 NM
<b>SHIP CONSTRUCTIONS</b>	GPS
Superstructure (Aluminium) : 5083 H116	Echosounder, Color, 200 kHz, 10,4 in
Bottom thickness : 6 mm	Radio SSB 150W
Shell Thickness : 6 mm	Magnetic Compass 150 mm Reflector type
Profile structure : 6, 4 mm	Radio Base VHF FM
Superstructure : 4 mm	Radio VHF FM Handy Talky
<b>TANK CAPACITY</b>	Internal Communications systems
Fuel Oil Tank : 8,00 Ton	Public Addresssor
Daily Fuel Oil Tank : 2 x 0,8 Ton	
Fresh Water Tank : 2 x 2,0 Ton	<b>SAFETY EQUIPMENTS</b>
Lub. Oil Tank : 2 x 0,5 Ton	Life Jacket : 260 units
Sludge Tank : 2 x 0,2 Ton	Liferaft : 11 units
Sewage Tank : 2 x 1,0 Ton	Lifebuoy : 6 units
Ballast Water Tank : 12,00 Ton	Smoke/Parachute signal : 6 units
	Red Hand Flares : 6 units
<b>USER</b>	<b>YEAR BUILT PROPOSED</b>
Dinas Perhubungan DKI Jakarta	2011

*Gambar 4. 1 Spesifikasi dari kapal pembanding*

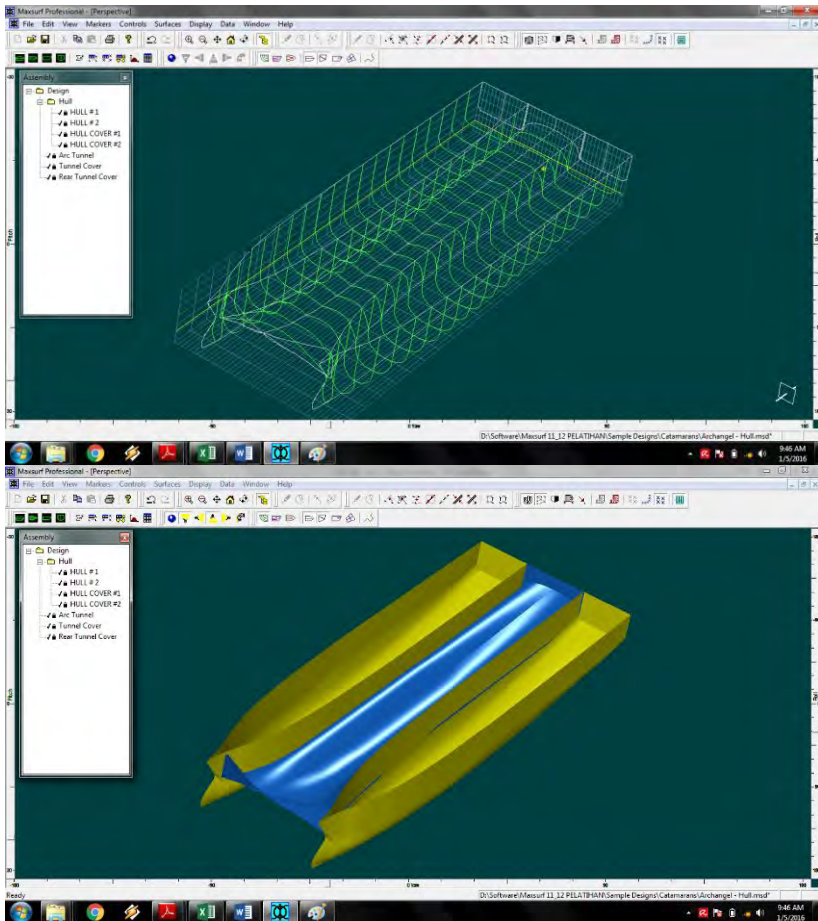




Dari model yang telah dibuat, didapatkan spesifikasi model tersebut sabagai berikut.

LWL	26.741 m
Beam	8.918 m
Draft	0.992 m
Displaced volume	68.478 m <sup>3</sup>
Wetted area	156.677 m <sup>2</sup>
Prismatic coeff.	0.622
Waterplane area coeff.	0.472
1/2 angle of entrance	13.57 deg.
LCG from midships(+ve for'd)	-0.181 m
Transom area	0.049 m <sup>2</sup>
Transom wl beam	7.457 m
Transom draft	0.025 m
Max sectional area	4.119 m <sup>2</sup>
Bulb transverse area	0.009 m <sup>2</sup>
Bulb height from keel	0 m
Draft at FP	1 m
Deadrise at 50% LWL	0 deg.
Hard chine or Round bilge	Hard chine
Frontal Area	0 m <sup>2</sup>
Headwind	0 kts
Drag Coefficient	0
Air density	0.001 tonne/m <sup>3</sup>
Appendage Area	0 m <sup>2</sup>
Nominal App. length	0 m
Appendage Factor	1
Correlation allow.	0.0004
Kinematic viscosity	1.19E <sup>-06</sup> m <sup>2</sup> /s
Water Density	1.026 tonne/m <sup>3</sup>

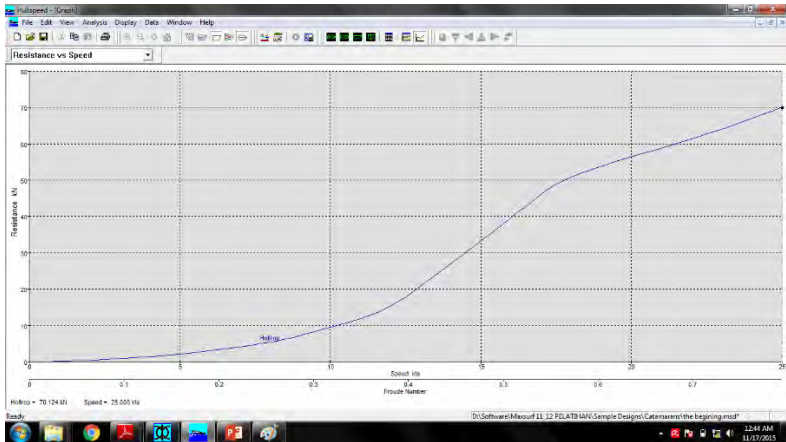
*Tabel 4. 1 Perhitungan spesifikasi model 3D dengan MAXSURF 11.12.*



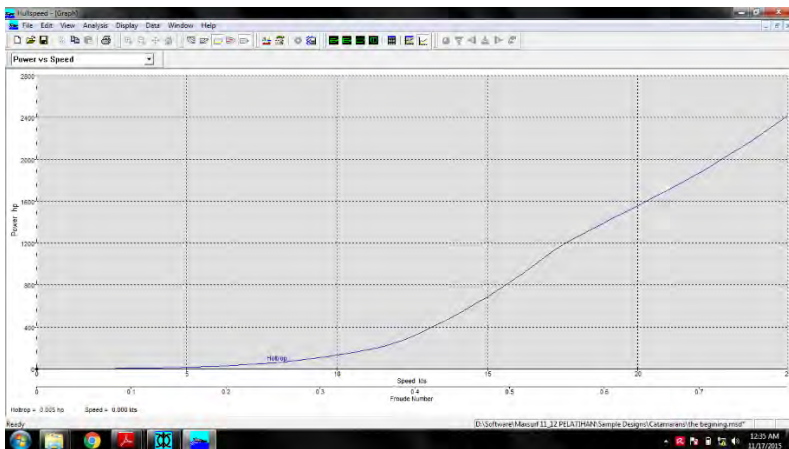
*Gambar 4. 4 Model 3D MAXSURF ver 11.12.*

Analisa untuk tahanan dan power dari model kapal dilakukan dengan menggunakan aplikasi Hullspeed, dengan aspek perhitungan dengan menggunakan metode holtrop, efisiensi lambung 50% dikarenakan kapal menggunakan 2 main engine. Sehingga diperoleh grafik tahanan vs kecepatan dan grafik power vs kecepatan.





Gambar 4. 5 Grafik Tahanan vs Kecepatan



Gambar 4. 6 Grafik Power vs Kecepatan

## 4.2. Variasi

Model foil yang akan dianalisa memiliki beberapa macam variasi, baik itu jenis profil foil yang digunakan maupun panjang chord foil.

Foil yang digunakan merupakan jenis NACA-Foil 4 series. Berdasarkan koordinat yang didapat dari alamat web [www.foiltools.com/airfoil/airfoil\\_database.cfm](http://www.foiltools.com/airfoil/airfoil_database.cfm)

[www.airfoiltools.com](http://www.airfoiltools.com), diperoleh koordinat yang digunakan untuk membuat penampang foil sebagai model 3D di aplikasi MAXSURF 11.12.

Dipilih 5 jenis foil secara acak yang berbeda untuk mengetahui foil yang memiliki efisiensi terbaik.

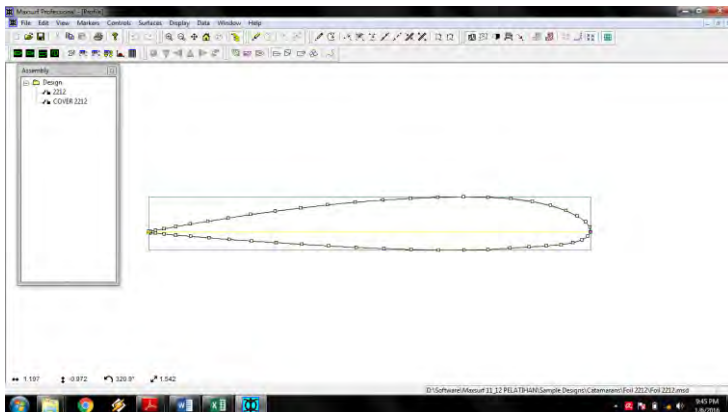
Jenis profil foil yang digunakan adalah :

- Foil 2212
- Foil 2306
- Foil 2309
- Foil 4306
- Foil 4712

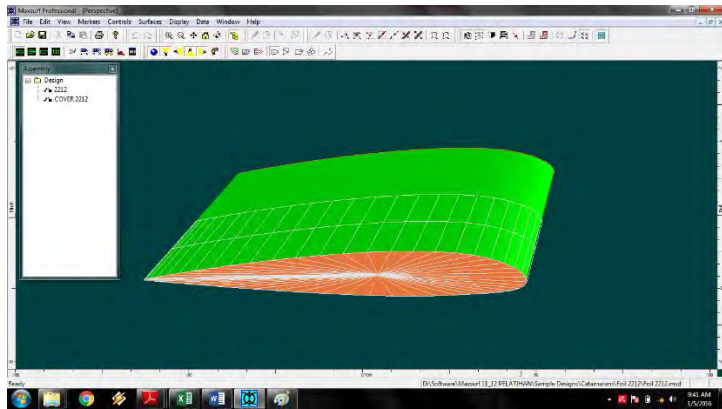
Variasi yang dilakukan untuk foil adalah panjang chrod, dan sudut serang foil (AOA ; Angle of Attack), yang kemudian akan dianalisa untuk hasil efisiensi tertinggi.

Untuk variasi panjang chord foil adalah 3.0m , 2.5m , 2.0m , 1.5m , 1.0m.

sedangkan untuk AOA foil mulai dari  $0^{\circ}$  ;  $4^{\circ}$  ;  $8^{\circ}$  ;  $12^{\circ}$  ;  $16^{\circ}$  ;  $20^{\circ}$  ;  $22^{\circ}$  ;  $24^{\circ}$  ;  $28^{\circ}$  ;  $32^{\circ}$  ;  $35^{\circ}$ .



Gambar 4. 7 Geometri foil 2122



*Gambar 4. 8 Pandangan Perspektif 3D foil 2212*

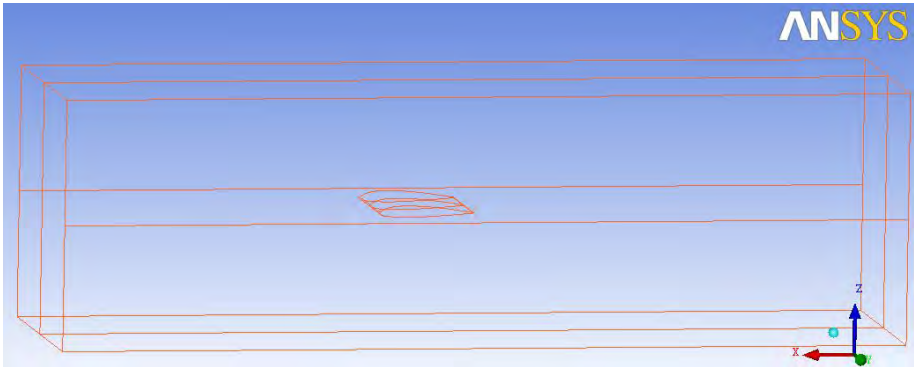
#### 4.3. Analisa Model Foil

Analisa dari model foil NACA 4 series dilakukan dengan beberapa macam dimensi untuk mengetahui gaya lift dan drag yang terdapat pada foil tersebut dalam beberapa kondisi AOA (angle of attack). Dengan mengetahui gaya lift pada foil, dapat diketahui bahwa foil tersebut dapat memindahkan sejumlah displasmen air pada kapal, sehingga merubah tahanan awal kapal.

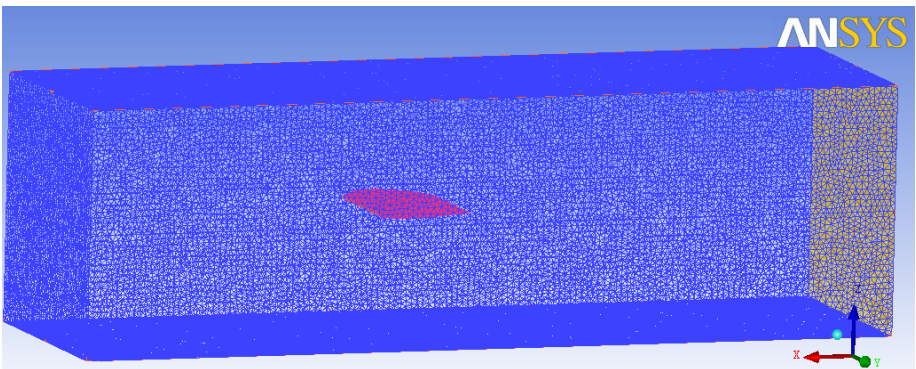
Analisa model foil dilakukan dengan ukuran dimensi awal :

- Span : 3.5068 m
- Chord : 3 m
- Speed : 25 knot

Menggunakan aplikasi dari ANSYS 13.0 yaitu ICEM CFD dan CFX untuk menganalisa model foil yang dibuat.



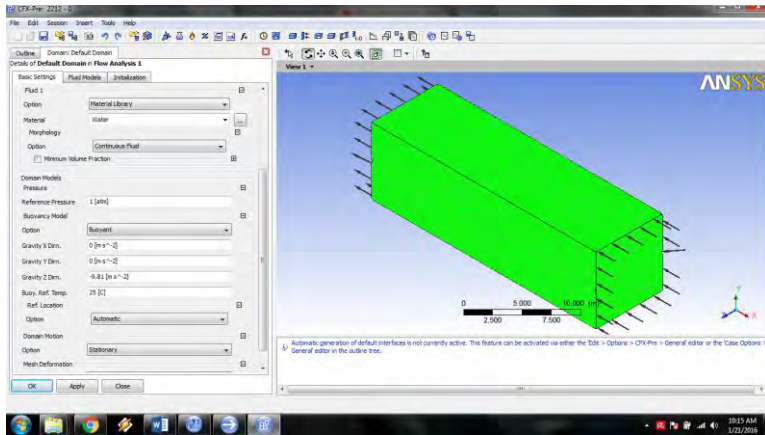
*Gambar 4. 9 tampilan ICEM CFD dengan model foil 2212-0°-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter*



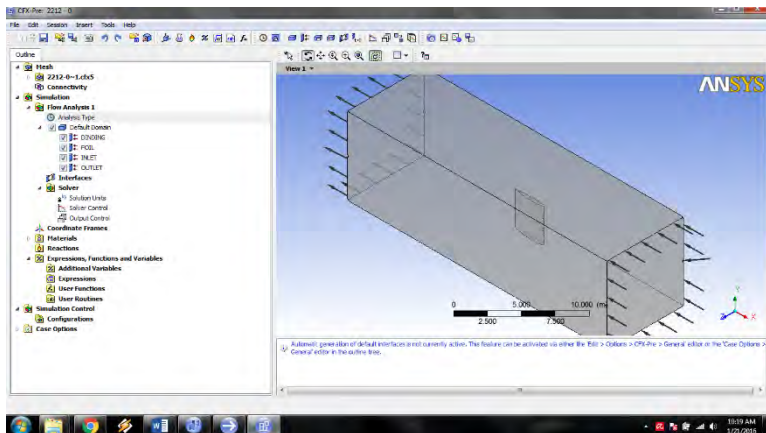
*Gambar 4. 10 Hasil meshing model foil 2212-0°-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter*

dengan meshing seperti hasil diatas, untuk analisa foil dilanjutkan dengan menggunakan aplikasi CFX dari ANSYS 13.0.

Dengan menggunakan aplikasi CFX, analisan dilanjutkan dengan mengatur basic setting menjadi sebagai berikut



Gambar 4. 11 tampilan CFX dengan meshing model foil 2212-0<sup>o</sup>-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter



Gambar 4. 12 tampilan CFX dengan meshing model foil 2212-0<sup>o</sup>-chord 3 meter dengan domain 8 x 26 meter dengan boundary domain yang sudah ditentukan

Dengan demikian, dari hasil perolehan data hasil dari aplikasi ANSYS 13.0, diperoleh hasil-hasil analisa untuk foil-foil yang lain sebagai berikut.

- Foil 2212

Dimention 3.5068 x 3								AREAS	21.515	m <sup>2</sup>
								Rn = 43840909		
No.	Foil	Angle of Attack ( $\alpha$ )	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	$\Delta$ Disp	$\Delta T'$ (m)
1	2212	0	80.381	25.765	0.04	0.01	3.12	723.20	63.87	0.9125
2		4	210.824	31.0232	0.12	0.02	6.80	723.20	50.91	0.7847
3		8	348.789	51.1112	0.19	0.03	6.82	723.20	37.20	0.6384
4		12	489.799	89.5964	0.27	0.05	5.47	723.20	23.19	0.4705
5		16	632.159	141.163	0.35	0.08	4.48	723.20	9.05	0.2602
6		20	761.955	208.838	0.42	0.11	3.65	723.20	-3.85	N/A
7		22	724.545	258.966	0.40	0.14	2.80	723.20	-0.13	N/A
8		24	589.953	305.479	0.32	0.17	1.93	723.20	13.24	N/A
9		28	721.878	432.678	0.40	0.24	1.67	723.20	0.13	N/A
10		32	764.885	515.6	0.42	0.28	1.48	723.20	-4.14	N/A
11		35	802.642	595.254	0.44	0.33	1.35	723.20	-7.89	N/A

Tabel 4. 2 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2212

- Foil 2306

Dimention 3.5068 x 3								AREAS	21.157	m <sup>2</sup>
								Rn = 43840909		
No.	Foil	Angle of Attack ( $\alpha$ )	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	$\Delta$ Disp	$\Delta T'$ (m)
1	2306	0	76.2492	14.6706	0.04	0.01	5.20	723.20	64.28	0.9164
2		4	205.755	21.6654	0.11	0.01	9.50	723.20	51.41	0.7898
3		8	350.881	45.6223	0.20	0.03	7.69	723.20	36.99	0.636
4		12	504.372	90.602	0.28	0.05	5.57	723.20	21.74	0.4516
5		16	653.167	152.454	0.36	0.08	4.28	723.20	6.96	0.221
6		20	788.941	287.477	0.44	0.16	2.74	723.20	-6.53	N/A
7		22	836.787	358.667	0.47	0.20	2.33	723.20	-11.28	N/A
8		24	861.296	408.672	0.48	0.23	2.11	723.20	-13.72	N/A
9		28	854.53	481.117	0.48	0.27	1.78	723.20	-13.05	N/A
10		32	871.876	565.848	0.49	0.32	1.54	723.20	-14.77	N/A
11		35	826.476	598.746	0.46	0.33	1.38	723.20	-10.26	N/A

Tabel 4. 3 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2306

- Foil 2309

Dimention 3.5068 x 3								AREAS	21.339	m <sup>2</sup>
								Rn =	43840909	
No.	Foil	Angle of Attack ( $\alpha$ )	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	$\Delta$ Disp	$\Delta T'$ (m)
1	2309	0	80.1182	18.981	0.04	0.01	4.22	723.20	63.89	0.9127
2		4	212.766	27.6952	0.12	0.02	7.68	723.20	50.71	0.7826
3		8	352.304	49.8131	0.19	0.03	7.07	723.20	36.85	0.6345
4		12	523.272	104.399	0.29	0.06	5.01	723.20	19.86	0.4264
5		16	643.452	148.468	0.36	0.08	4.33	723.20	7.92	0.2394
6		20	758.375	254.917	0.42	0.14	2.97	723.20	-3.49	N/A
7		22	722.051	326.764	0.40	0.18	2.21	723.20	0.11	N/A
8		24	780.823	389.72	0.43	0.22	2.00	723.20	-5.72	N/A
9		28	814.753	462.313	0.45	0.26	1.76	723.20	-9.10	N/A
10		32	806.855	528.093	0.45	0.29	1.53	723.20	-8.31	N/A
11		35	829.418	601.848	0.46	0.33	1.38	723.20	-10.55	N/A

Tabel 4. 4 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 2309

- Foil 4306

Dimention 3.5068 x 3								AREAS	21.231	m <sup>2</sup>
								Rn =	43840909	
No.	Foil	Angle of Attack ( $\alpha$ )	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	$\Delta$ Disp	T' (m)
1	4306	0	145.578	20.9604	0.08	0.01	6.95	723.20	57.39	0.8494
2		4	262.106	28.8798	0.15	0.02	9.08	723.20	45.81	0.73172
3		8	426.821	56.0138	0.24	0.03	7.62	723.20	29.45	0.54819
4		12	585.128	100.784	0.32	0.06	5.81	723.20	13.72	0.3376
5		16	752.059	166.626	0.42	0.09	4.51	723.20	-2.87	N/A
6		20	846.567	294.638	0.47	0.16	2.87	723.20	-12.26	N/A
7		22	850.422	344.054	0.47	0.19	2.47	723.20	-12.64	N/A
8		24	858.839	398.85	0.48	0.22	2.15	723.20	-13.48	N/A
9		28	918.451	506.419	0.51	0.28	1.81	723.20	-19.40	N/A
10		32	838.659	537.587	0.47	0.30	1.56	723.20	-11.47	N/A
11		35	850.354	599.41	0.47	0.33	1.42	723.20	-12.63	N/A

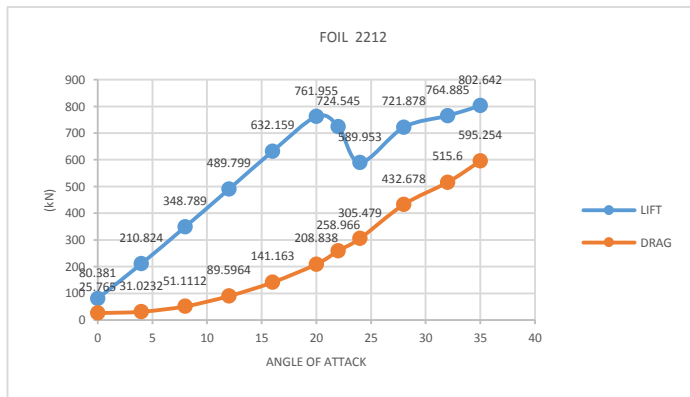
Tabel 4. 5 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4306

- Foil 4712

Dimention 3.5068 x 3								AREAS	21.571	m <sup>2</sup>
								Rn = 43840909		
No.	Foil	Angle of Attack ( $\alpha$ )	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	$\Delta$ Disp	T' (m)
1	4712	0	206.851	38.8751	0.11	0.02	5.32	723.20	51.30	0.7886
2		4	356.734	51.3706	0.19	0.03	6.94	723.20	36.41	0.6295
3		8	494.882	81.4646	0.27	0.04	6.07	723.20	22.68	0.4638
4		12	631.539	128.512	0.35	0.07	4.91	723.20	9.11	0.2612
5		16	775.032	187.182	0.42	0.10	4.14	723.20	-5.15	N/A
6		20	898.76	262.445	0.49	0.14	3.42	723.20	-17.44	N/A
7		22	797.624	350.189	0.44	0.19	2.28	723.20	-7.39	N/A
8		24	848.229	421.38	0.46	0.23	2.01	723.20	-12.42	N/A
9		28	956.211	530.387	0.52	0.29	1.80	723.20	-23.15	N/A
10		32	1000.06	619.188	0.55	0.34	1.62	723.20	-27.51	N/A
11		35	947.424	655.749	0.52	0.36	1.44	723.20	-22.28	N/A

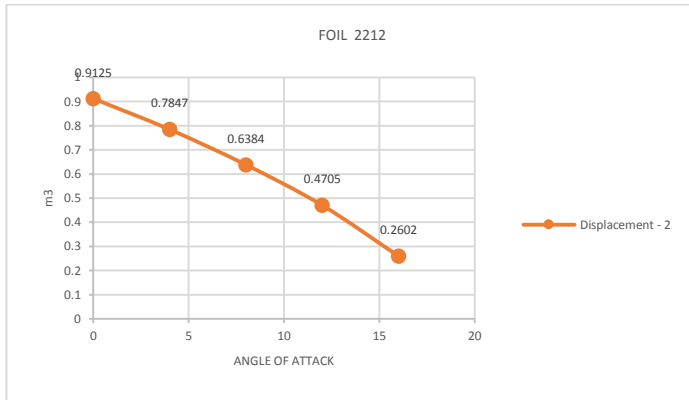
Tabel 4. 6 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712

Dari hasil table diatas, dibuat dengan tampilan grafik menjadi sebagai berikut

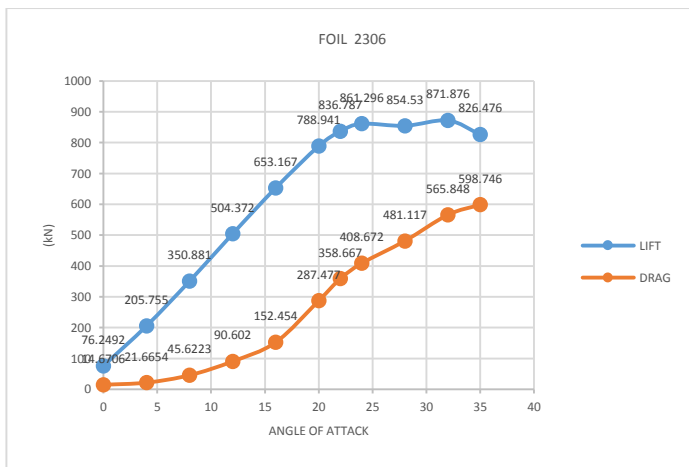


Gambar 4. 13 Grafik lift, drag foil 2212

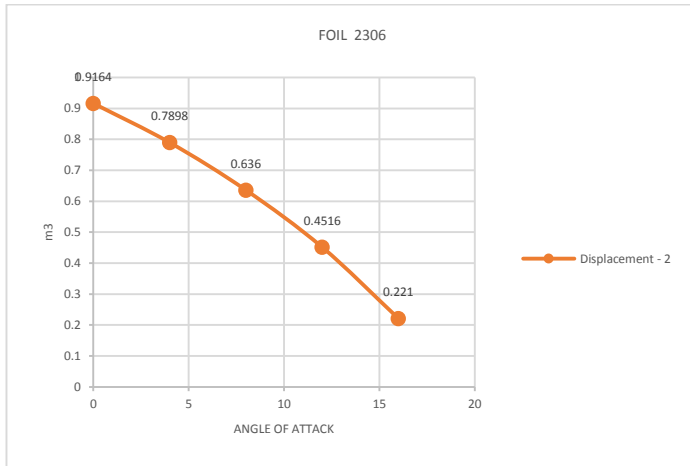




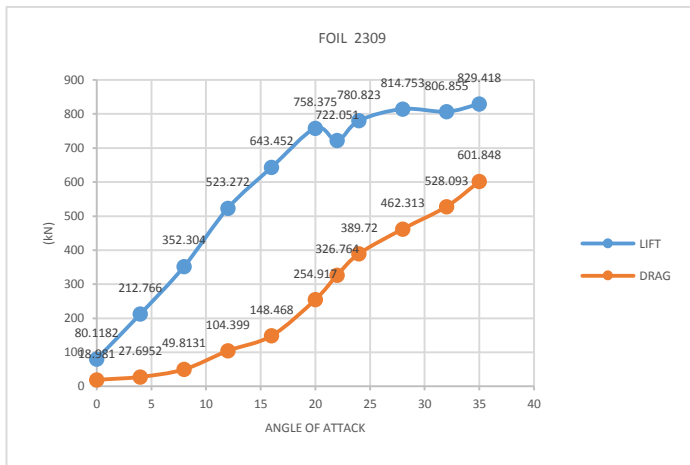
Gambar 4. 14 Grafik disblasmen foil 2212



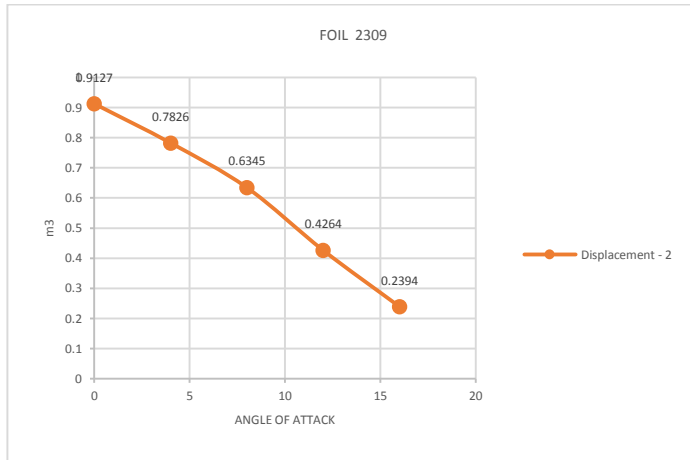
Gambar 4. 15 Grafik lift, drag foil 2306



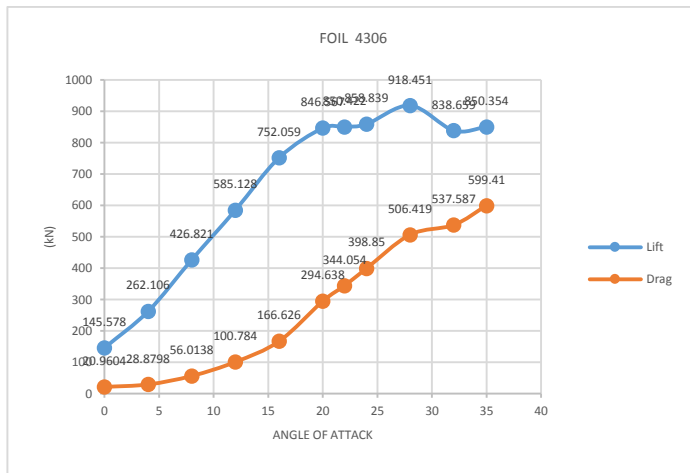
Gambar 4. 16 Grafik disblasmen 2306



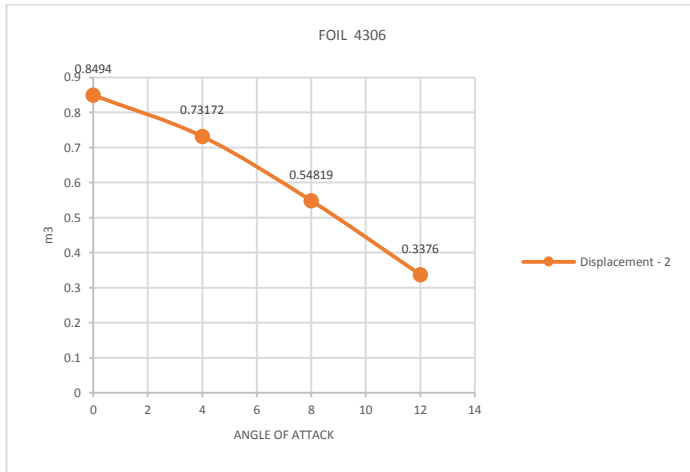
Gambar 4. 17 Grafik lift, drag foil 2309



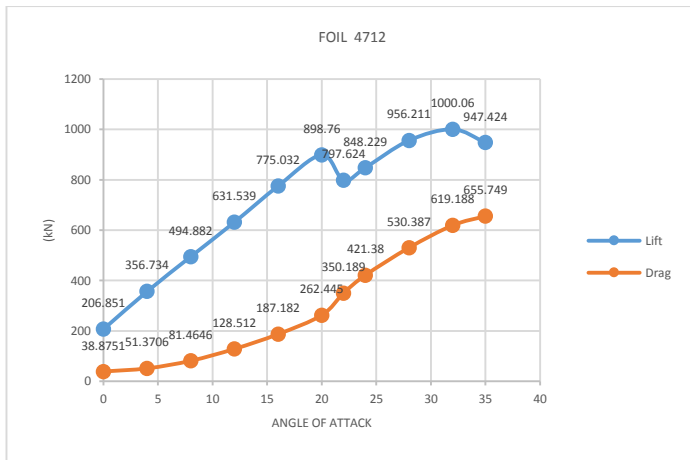
Gambar 4. 18 Grafik disblasmen 2309



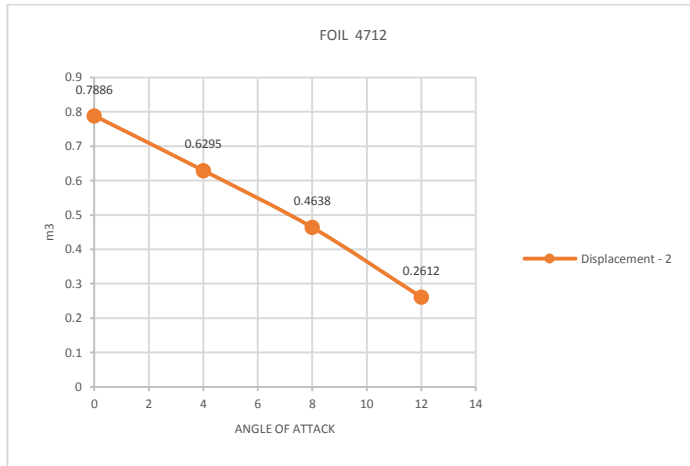
Gambar 4. 19 Grafik lift, drag foil 4306



Gambar 4. 20 Grafik displasmen 4306



Gambar 4. 21 Grafik lift, drag foil 4712



*Gambar 4. 22 Grafik displasmen 4712*

Dari tabel dan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa foil dengan profil 2212 memiliki gaya lift terkecil dan drag terkecil jika dibandingkan dengan foil yang lain pada AOA yang sama

Sedangkan untuk foil profil 4712 memiliki gaya lift terbesar dan memiliki gaya drag terbesar jika dibandingkan dengan foil yang lain pada AOA yang sama

Dalam tabel tersebut terdapat beberapa kondisi AOA yang tidak dapat dilakukan karena hasil yang displacement yang tidak valid

Foil dengan profil 4712 dipilih sebagai profil foil yang paling efisien dalam skripsi ini, dikarenakan memiliki gaya lift terbesar dan memiliki rasio perbandingan L/D yang relative kecil jika dibandingkan dengan foil yang lain

Variasi dari foil 4712 dilakukan lebih banyak lagi dengan dimensi yang lebih kecil untuk memiliki variasi AOA yang lebih banyak.

Variasi dimensi foil 4712 dilakukan dengan mengubah panjang chord foil mulai dari :

- 2.5 m
- 2.0 m
- 1.5 m
- 1.0 m

Sehingga diperoleh tabel dan grafik sebagai berikut :

- Foil 4712, chord 1 meter

Dimention's Variation 1 x 3.5068 m								AREAS	7.19	m2
No.	Foil	Angle	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	Δ Disp	T' (m)
1	4712	0	79.21	14.0354	0.13	0.02	5.64	723.20	63.98	0.9135
2		4	154.34	19.8724	0.25	0.03	7.77	723.20	56.52	0.8409
3		8	224.79	32.5205	0.37	0.05	6.91	723.20	49.52	0.7705
4		12	283.57	52.1051	0.46	0.09	5.44	723.20	43.68	0.70905
5		16	333.15	77.8545	0.55	0.13	4.28	723.20	38.75	0.6556
6		20	336.66	104.201	0.55	0.17	3.23	723.20	38.40	0.6517
7		22	330.73	114.143	0.54	0.19	2.90	723.20	38.99	0.6583
8		24	304.10	130.126	0.50	0.21	2.34	723.20	41.64	0.6871
9		28	292.94	158.961	0.48	0.26	1.84	723.20	42.75	0.6991
10		32	288.96	184.294	0.47	0.30	1.57	723.20	43.14	0.7033
11		35	292.23	202.404	0.48	0.33	1.44	723.20	42.82	0.6998

Tabel 4. 7 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 1 m

- Foil 4712, chord 1.5 meter

Dimention's Variation 1.5 x 3.5068 m								AREAS	10.786	m2
No.	Foil	Angle	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	Δ Disp	T' (m)
1	4712	0	126.73	19.8907	0.14	0.02	6.37	723.20	59.26	0.8967
2		4	221.17	27.7928	0.24	0.03	7.96	723.20	49.88	0.7742
3		8	316.02	46.3	0.35	0.05	6.83	723.20	40.46	0.6743
4		12	397.14	75.5973	0.43	0.08	5.25	723.20	32.40	0.5831
5		16	464.38	110.388	0.51	0.12	4.21	723.20	25.72	0.5027
6		20	474.92	142.21	0.52	0.16	3.34	723.20	24.67	0.4895
7		22	450.82	156.071	0.49	0.17	2.89	723.20	27.06	0.5194
8		24	421.27	181.922	0.46	0.20	2.32	723.20	30.00	0.5548
9		28	417.31	220.511	0.46	0.24	1.89	723.20	30.39	0.5594
10		32	415.63	262.348	0.45	0.29	1.58	723.20	30.56	0.5614
11		35	412.51	293.528	0.45	0.32	1.41	723.20	30.87	0.5651

Tabel 4. 8 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 1.5m

- Foil 4712, chord 2.0 meter

Dimention's Variation 2 x 3.5068 m								AREAS	14.381	m2
No.	Foil	Angle	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	Δ Disp	T' (m)
1	4712	0	161.94	25.4359	0.13	0.02	6.37	723.20	55.76	0.8334
2		4	273.16	36.7854	0.22	0.03	7.43	723.20	44.71	0.7201
3		8	383.98	58.8282	0.31	0.05	6.53	723.20	33.70	0.59853
4		12	485.66	95.0814	0.40	0.08	5.11	723.20	23.60	0.47575
5		16	586.09	134.713	0.48	0.11	4.35	723.20	13.62	0.3361
6		20	580.32	180.158	0.48	0.15	3.22	723.20	14.20	0.345
7		22	531.90	209.514	0.44	0.17	2.54	723.20	19.01	0.4148
8		24	531.85	220.085	0.44	0.18	2.42	723.20	19.01	0.4148
9		28	530.54	284.782	0.43	0.23	1.86	723.20	19.14	0.4166
10		32	513.60	335.761	0.42	0.28	1.53	723.20	20.83	0.4395
11		35	480.79	364.236	0.39	0.30	1.32	723.20	24.09	0.48205

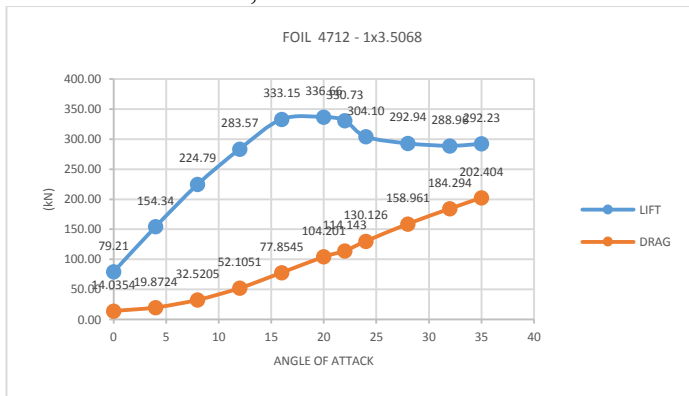
Tabel 4. 9 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 2.0m

- Foil 4712, chord 2.5 meter

Dimention's Variation 2.5 x 3.5068 m								AREAS	17.976	m2
No.	Foil	Angle	Lift (kN)	Drag (kN)	CL	CD	L/D	F Disp (kN)	Δ Disp	T' (m)
1	4712	0	194.47	28.6765	0.13	0.02	6.78	723.20	52.53	0.8011
2		4	318.72	42.5523	0.21	0.03	7.49	723.20	40.19	0.67137
3		8	443.11	70.6126	0.29	0.05	6.28	723.20	27.83	0.5288
4		12	580.12	108.614	0.38	0.07	5.34	723.20	14.22	0.3453
5		16	674.86	163.376	0.44	0.11	4.13	723.20	4.80	0.1755
6		20	682.14	216.455	0.45	0.14	3.15	723.20	4.08	0.1587
7		22	627.61	264.345	0.41	0.17	2.37	723.20	9.50	0.268
8		24	608.88	281.125	0.40	0.18	2.17	723.20	11.36	0.2997
9		28	608.69	367.63	0.40	0.24	1.66	723.20	11.38	0.3
10		32	684.45	463.309	0.45	0.30	1.48	723.20	3.85	0.1532
11		35	695.87	517.712	0.46	0.34	1.34	723.20	2.72	0.1234

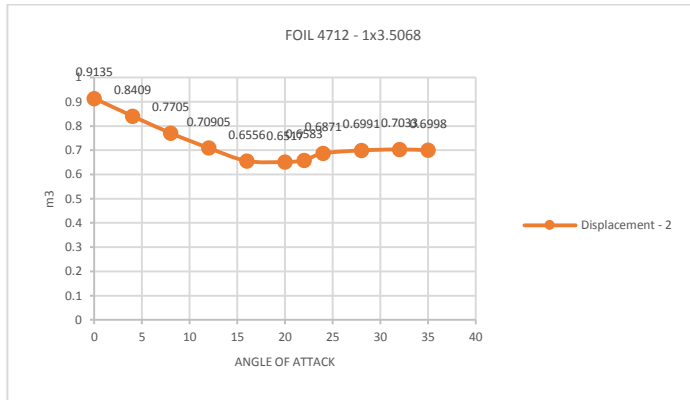
Tabel 4. 10 Tabel 4. 11 Lift (L), Drag (D), CL (coef lift) dan CD (coef drag) foil 4712, chord 2.5m

- Foil 4712, chord 1.0 meter



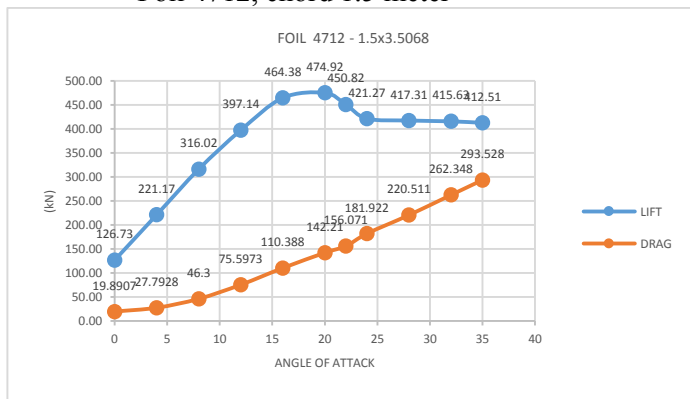
Gambar 4. 23 Grafik lift and drag foil 4712, chord 1.0 meter



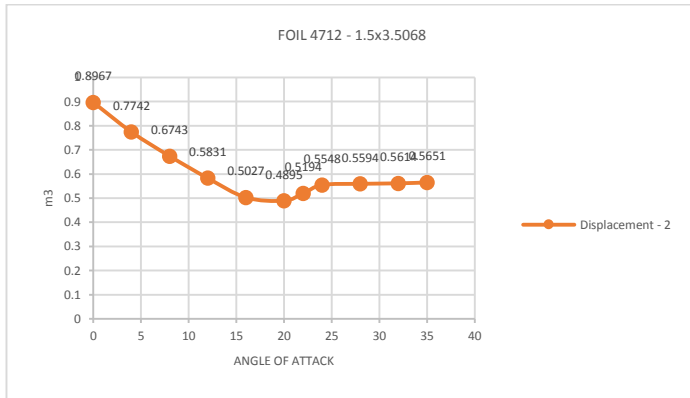


Gambar 4. 24 Grafik displasmen foil 4712, chord 1.0 meter

- Foil 4712, chord 1.5 meter

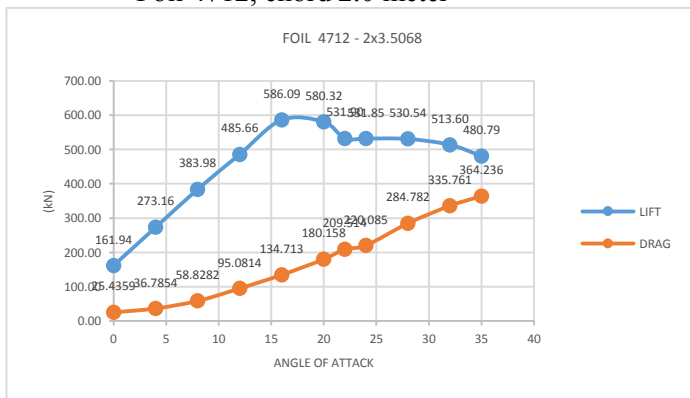


Gambar 4. 25 Grafik lift and drag foil 4712, chord 1.5 meter

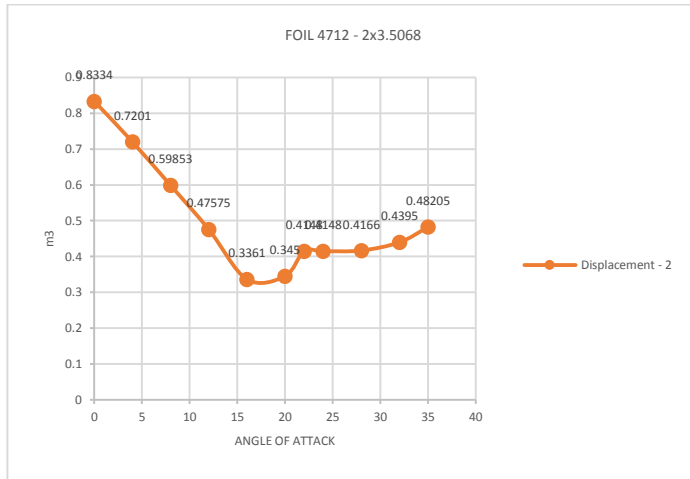


Gambar 4. 26 Grafik displasmen foil 4712, chord 1.5 meter

- Foil 4712, chord 2.0 meter

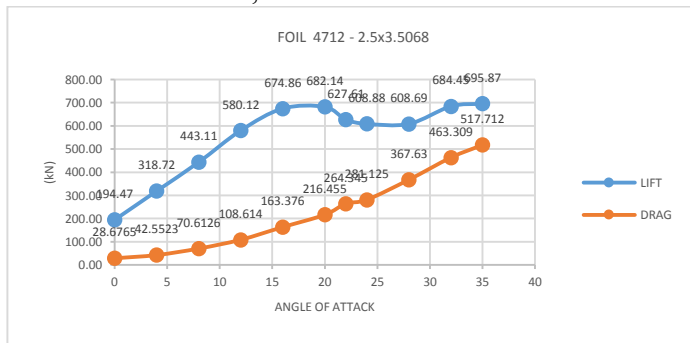


Gambar 4. 27 Grafik lift and drag foil 4712, chord 2.0 meter

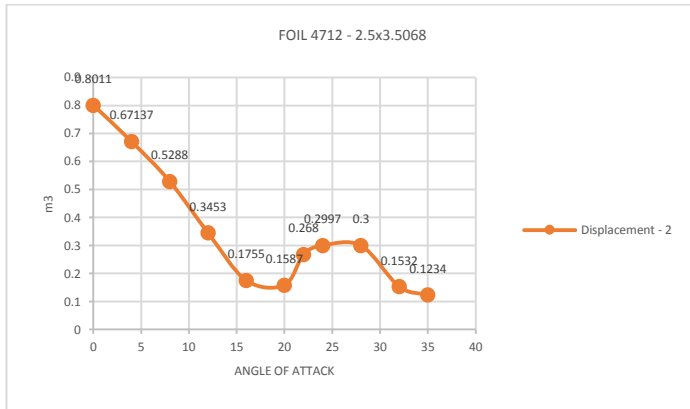


Gambar 4. 28 Grafik disblasmen foil 4712, chord 2.0 meter

- Foil 4712, chord 2.5 meter



Gambar 4. 29 Grafik lift and drag foil 4712, chord 2.5 meter



*Gambar 4. 30 Grafik displamen foil 4712, chord 2.5 meter*

Dari grafik dan tabel diatas,dipilih chord dengan dimensi 2.5m memiliki efisiensi yang paling tinggi dengan memiliki gaya lift yang paling besar jika dibandingkan dengan foil yang lain dengan AOA yang sama.

Sehingga foil untuk analisa HYSUCAT dipilih foil dengan profil 4712 dengan panjang chord 2.5m.

Analisa tahanan dan power untuk Hysucat foil 4712 dilakukan dengan menggunakan aplikasi MAXSURF 11.12 dan ANSYS 13.0.

Didapat perbedaan antara kedua aplikasi tersebut, dilihat dari table, tahanan model kapal catamaran menggunakan aplikasi ANSYS 13.0 memiliki tahanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan hasil MAXSURF ver 11.12.

Perbedaan tahanan model kapal tersebut tanpa dan dengan foil dengan menggunakan kedua aplikasi diperoleh hasil tabel sebagai berikut.

Tahanan awal			44.1034	kN
No.	Foil	Angle	Tahanan (N)	%
1	4712	0	105.85	-1.40
2		4	125.23	-1.84
3		8	176.98	-3.01
4		12	297.08	-5.74
5		16	400.29	-8.08
6		20	250.02	-4.67
7		22	216.57	-3.91
8		24	484.01	-9.97
9		28	530.58	-11.03
10		32	578.86	-12.13
11		35	571.47	-11.96

*Tabel 4. 12 Tabel tahanan dan efisiensi model catamaran dengan foil 4712 dengan menggunakan ANSYS 13.*

Tahanan model mula-mula			77.03	kN
No.	Foil	Angle	Tahanan (kN)	%
1	4712	0	71.07	0.08
2		4	72.84	0.05
3		8	72.21	0.06
4		12	74.00	0.04
5		16	73.88	0.04
6		20	70.39	0.09
7		22	69.19	0.10
8		24	73.13	0.05
9		28	72.86	0.05
10		32	71.97	0.07
11		35	71.75	0.07

*Tabel 4. 13 Tabel tahanan dan efisiensi model catamaran dengan foil 4712 dengan menggunakan MAXSURF 11.12.*

Dari kedua tabel diatas, untuk CFD ANSYS 13. Meskipun memiliki nilai efisiensi yang bernilai minus, yang menandakan foil mengurangi efisiensi kapal. Foil dengan efisien paling tinggi adalah pada AOA 0°, dilihat dari tabel 4.14 dengan nilai yang minimal adalah  
: -1.40 %

Untuk MAXSURF 11.12. memiliki nilai efisiensi yang meningkat dengan berkurangnya tahanan pada kapal. Foil dengan efisiensi paling tinggi adalah pada AOA 20°, dengan memiliki nilai efisiensi maksimal : 0.10 %

Dari kondisi awal yang tanpa foil, model catamaran yang dibuat memiliki karakteristik :

- Power 2x engine : 2657.1 HP
- Tahanan : 78.1 kN
- Speed : 25 kts

Dengan menggunakan foil 4712, chord 2.5m rata-rata memiliki peningkatan efisiensi :

- Power 2x engine : 2398.49 HP (+8.19%)
- Tahanan : 72.12 kN (+4.77%)
- Speed : 25 kts

Dari kondisi awal yang tanpa foil, model catamaran yang dibuat memiliki karakteristik :

- Power 2x engine : 2657.1 HP
- Tahanan : 78.1 kN
- Speed : 25 kts

Dengan menggunakan foil 4712, chord 2.5m AOA 20° menjadi :

- Power 2x engine : 2383.5 HP (+10%)
- Tahanan : 69.1 kN (+10%)
- Speed : 25 kts

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan semua simulasi dengan kombinasi model foil dan catamaran yang direncanakan, dan berdasarkan hasil analisa serta pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Foil dengan panjang chord yang sama namun dengan profil chamber yang lebih tebal akan memiliki gaya lift yang lebih besar pada AOA yang sama, untuk rata-rata dari masing-masing profil foil sekitar 16% , dengan yang paling besar 28% dari displasment kapal catamaran 25m.
2. AOA (angle of attack) pada profil foil yang sama akan mempengaruhi gaya lift dan drag pada foil, semakin besar AOA dari foil, maka akan memiliki lift dan drag yang semakin besar, dengan perubahan rata-rata untuk lift sebesar 140 kN, dan drag 30 kN
3. Untuk hubungan antara AOA, gaya angkat dan drag berdasarkan grafik, dari masing-masing foil akan memiliki suatu titik dimana gaya lift mencapai gaya paling besar, yang apabila setelah melewati titik tersebut, foil akan memiliki gaya drag yang lebih besar dan gaya lift akan semakin menurun secara gradasi, kondisi ini disebut sebagai *stall*. Rata-rata foil memiliki stall pada titik  $16^{\circ} - 20^{\circ}$  AOA.
4. Untuk memperbesar gaya lift dan drag suatu foil, selain profil foil, juga dipengaruhi dari panjang chord foil. Semakin besar chord foil, maka akan semakin besar pula gaya lift dan drag yang dihasilkan, dikarenakan luasan foil yang juga lebih besar. Konsep ini dilakukan pada kondisi AOA yang sama.
5. Dengan menggunakan foil, catamaran mengalami peningkatan efisiensi, dengan efisiensi rata-rata untuk

tahanan meningkat 4.77%, dan efisiensi power meningkat 8.19%

6. Pemilihan profil foil, menggunakan foil yang dapat menghasilkan gaya lift paling besar (653.167 kN) dan memiliki gaya drag paling kecil (14.035 kN).

## **5.2. Saran**

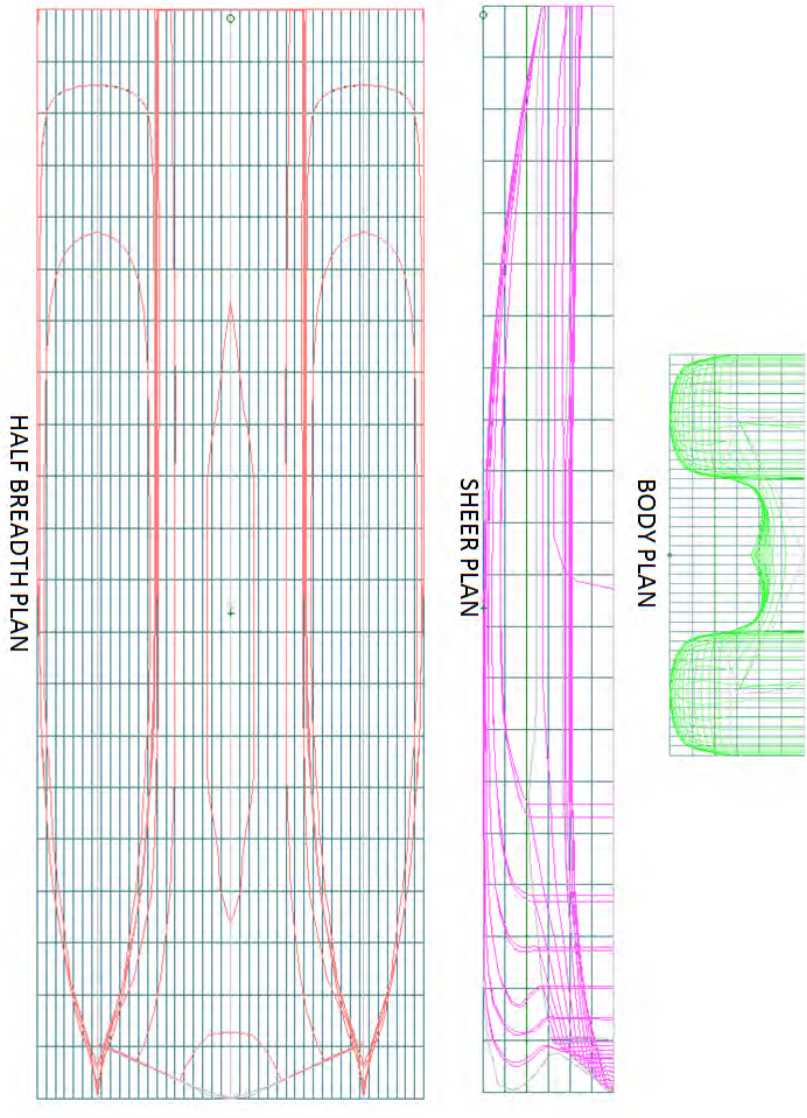
Dalam pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan baik yang disengaja maupun tidak sengaja, oleh karena itu untuk perbaikan kedepannya diperlukan suatu saran membangun baik dari segi analisa dan penulisan, baik untuk penulis sendiri maupun pembaca.

1. Untuk kedepannya analisa terhadap foil dilakukan dengan variasi profil dan span yang lebih besar, untuk menghasilkan gaya lift yang lebih besar
2. Untuk mengetahui hasil dari perhitungan aplikasi CFD mendekati kebenaran, sebaiknya digunakan 2 atau lebih macam aplikasi CFD
3. Bentuk foil dan luasan dilakukan dalam lebih banyak variasi, sehingga mencapai bentuk foil yang paling optimal.



## **LAMPIRAN**

## Model Catamaran – Lines Plan



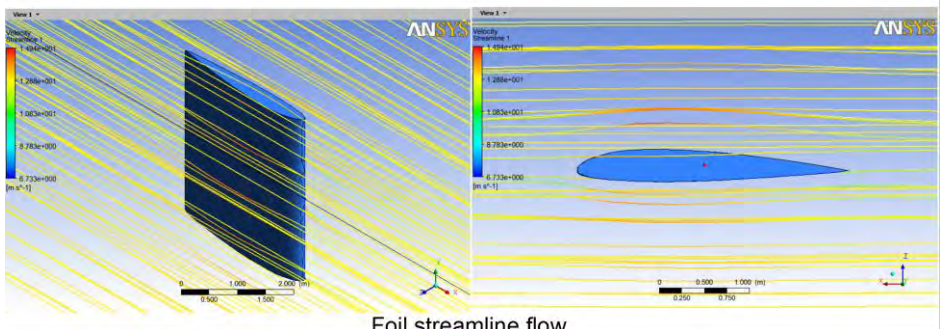
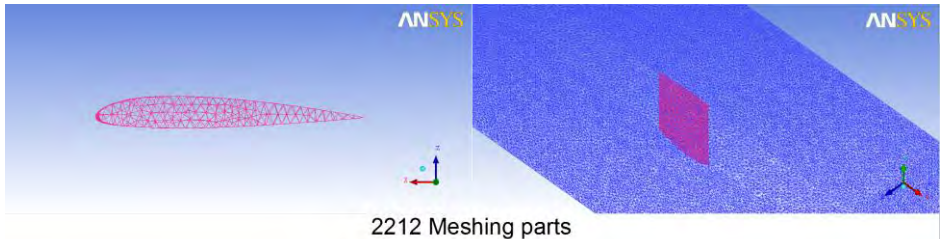
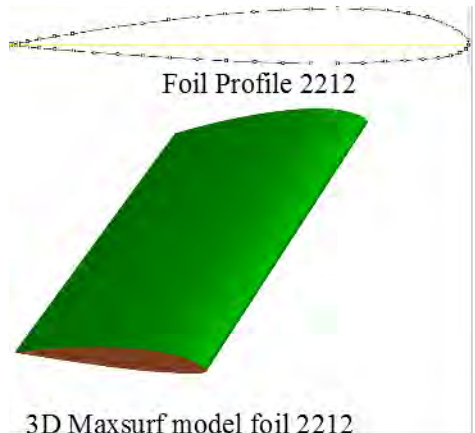
## Model Foil 2212 – 0°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.515m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 0°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



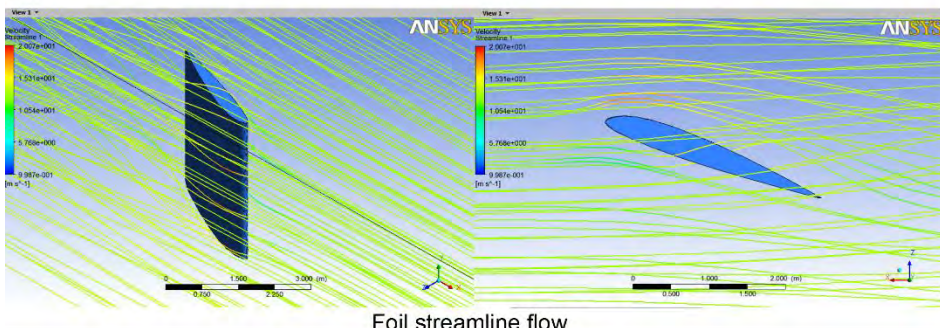
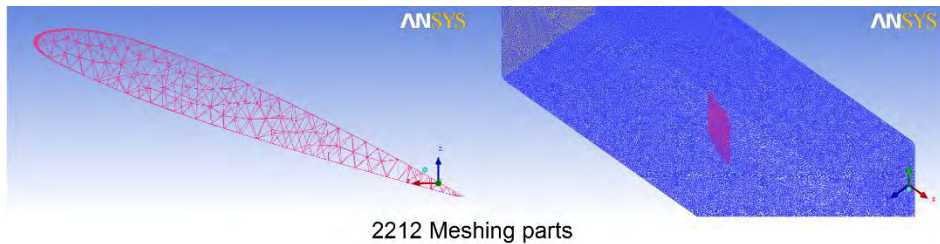
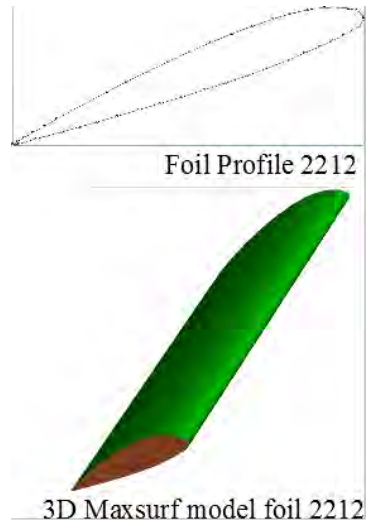
## Model Foil 2212 – 20°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.515m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 20°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



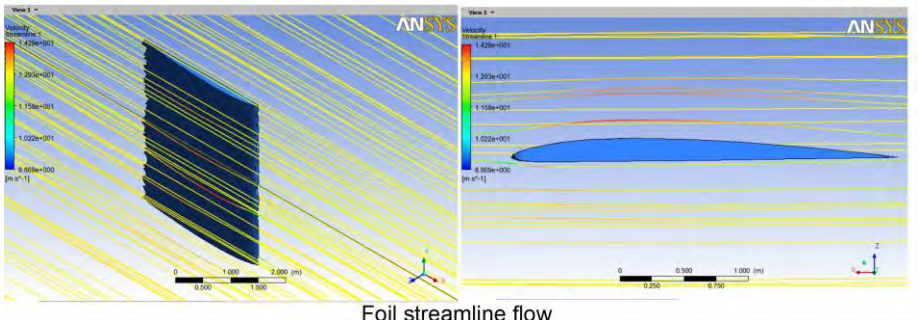
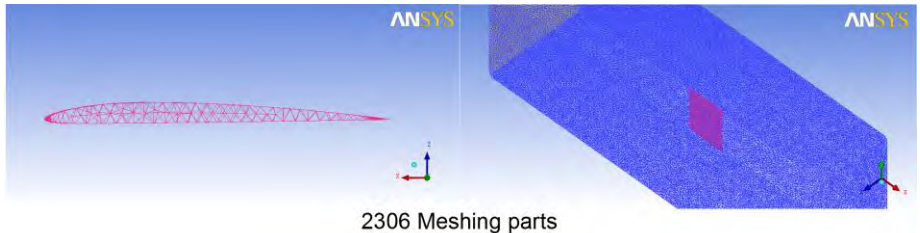
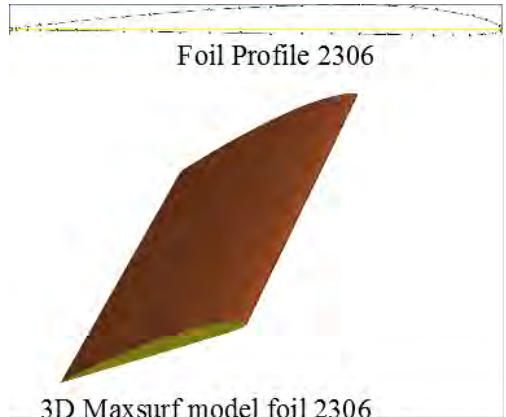
## Model Foil 2306 – 0°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.157m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 0°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s





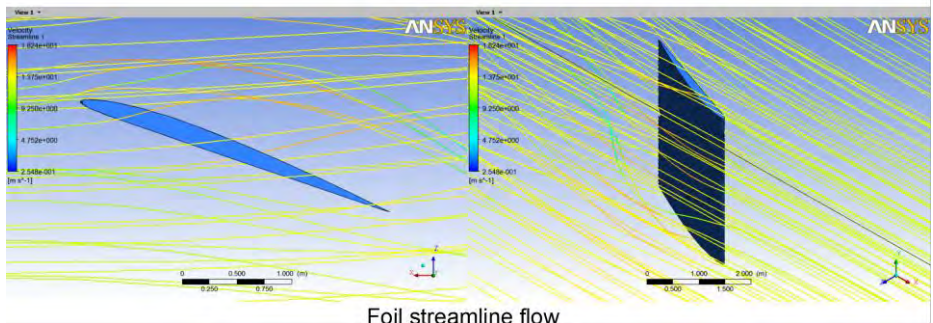
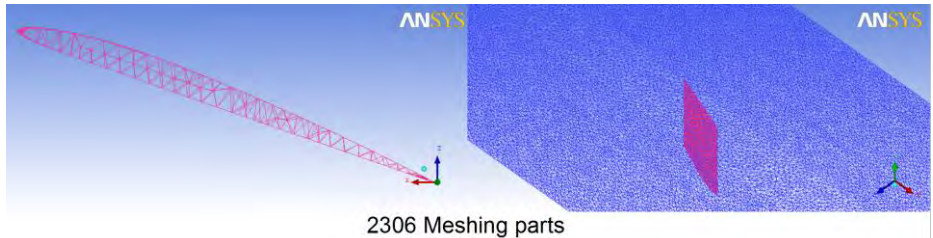
## Model Foil 2306 – 20°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.157m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 20°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



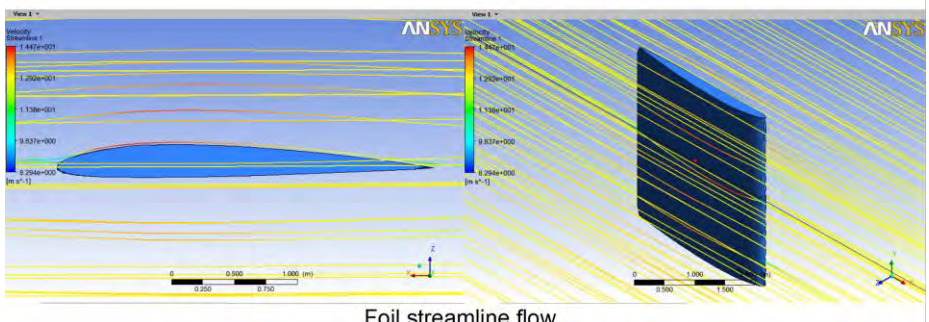
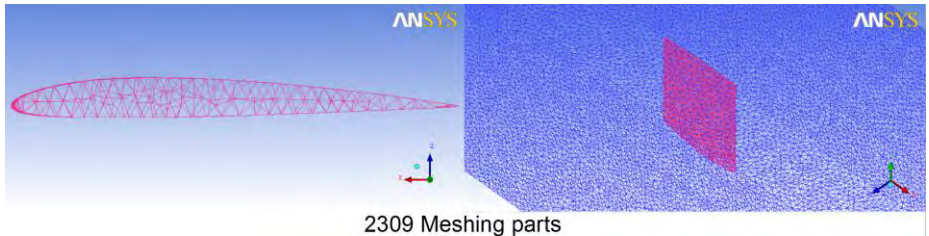
## Model Foil 2309 – 0°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.339m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 0°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



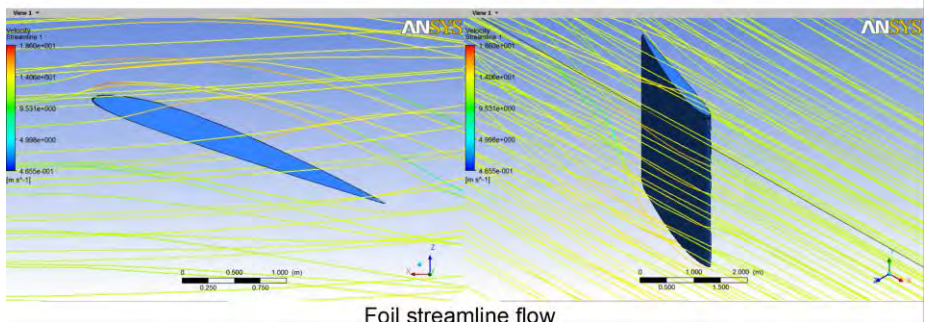
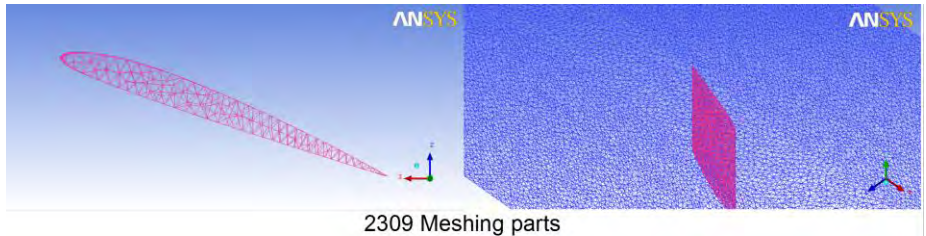
## Model Foil 2309 – 20°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.339m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 20°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s





## Model Foil 4306 – 0°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.231m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 0°

### Diuji pada kondisi Fluida

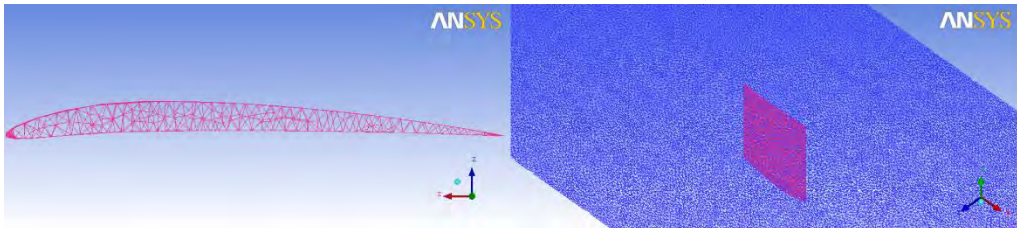
- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



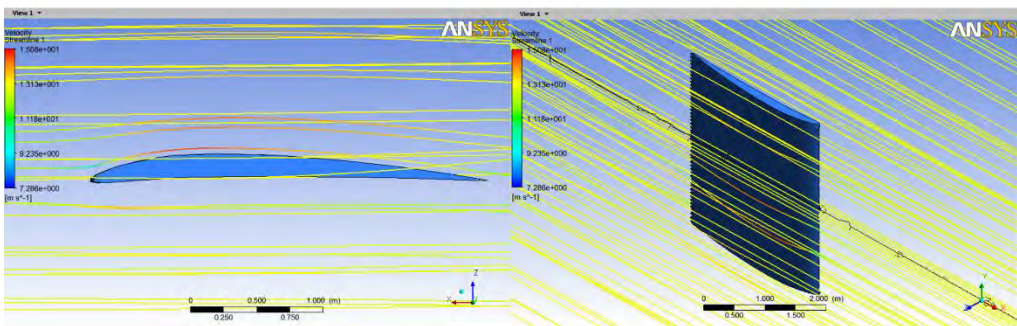
Foil Profile 2309



3D Maxsurf model foil 2309



2309 Meshing parts



Foil streamline flow

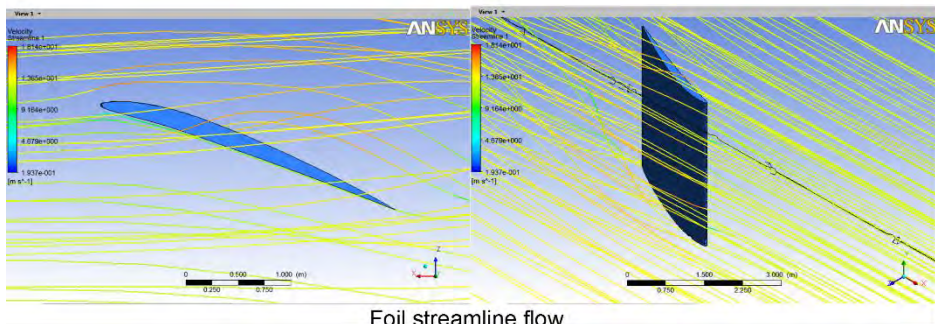
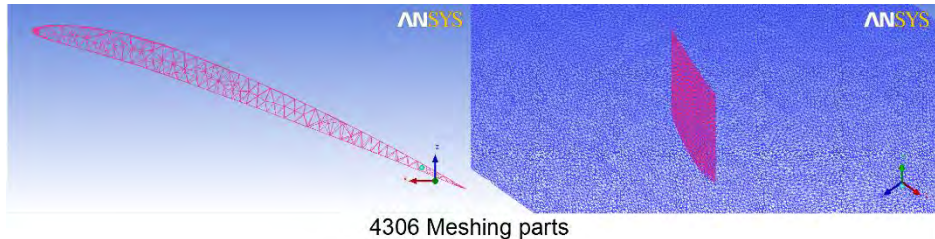
## Model Foil 4306 – 20°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.231m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 20°

### Diuji pada kondisi Fluida

- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



## Model Foil 4712 – 0°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.571m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 0°

### Diuji pada kondisi Fluida

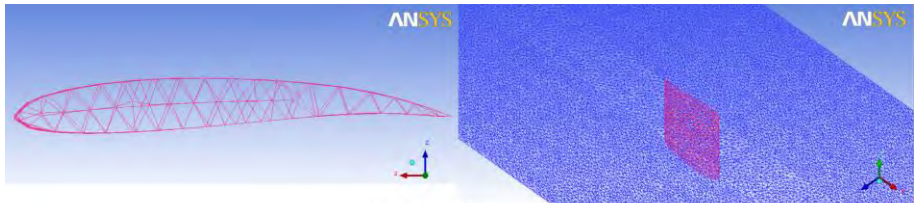
- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



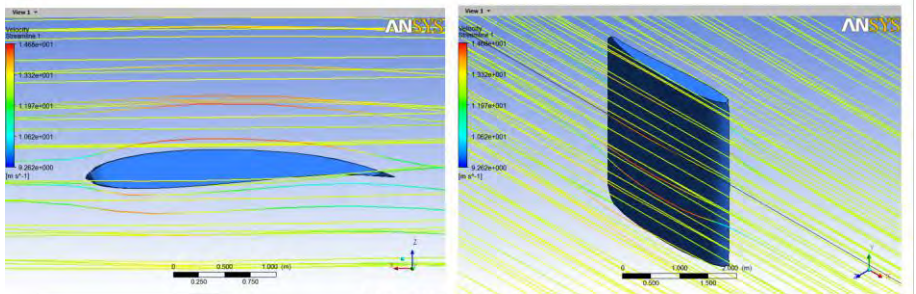
Foil Profile 4712



3D Maxsurf model foil 4712



4712 Meshing parts



Foil streamline flow



## Model Foil 4712 – 20°

### Spesifikasi

- Span : 3.5068m
- Luas area : 21.571m<sup>2</sup>
- Chord : 3m
- Speed : 25 knot
- AOA : 20°

### Diuji pada kondisi Fluida

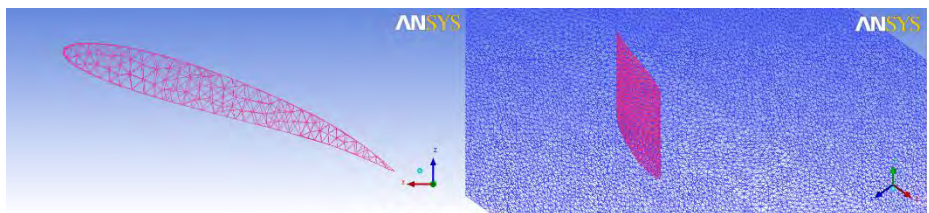
- Water
- Temperatur : 29.2° C
- Buoyant :
  - X = 0 m/s
  - Y = 0 m/s
  - Z = -9.81 m/s



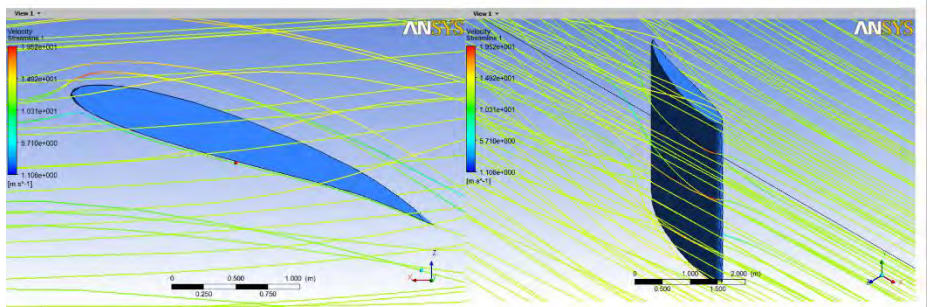
Foil Profile 4712



3D Maxsurf model foil 4712



4712 Meshing parts



Foil streamline flow

## DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.hysucraft.com/Principles.aspx>
2. <http://www.worldwatertaxis.com/New-Page-10.htm>
3. Dwi Mardianto, Oky - Analisis Teknis dan Ekonomis Perancangan Kapal Cruise Wisata dengan Bentuk Hull Catamaran pada Rute Pelayaran Pelabuhan Manado – Taman Nasional Bunaken, Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya
4. Hoppe, K.G.W. - Recent Applications of Hydrofoil-Supported-Catamarans
5. Cocke, William - Shape Optimization of Hydrofoils
6. Kyaw, Htike Aung, Tin, Paing Hein Htet, Htet, Kaung Zaw - Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Myanmar Maritime University
7. <http://www.nauticexpo.com/prod/grandweld-shipyards/product-50512-378783.html>
8. [https://en.wikipedia.org/wiki/NACA\\_airfoil](https://en.wikipedia.org/wiki/NACA_airfoil)
9. Appleton, WI: Aviation Publications. - Senior Engineering Airfoil Packet Comprehensive reference guide to airfoil sections for light aircraft. (1982).
10. [www.airfoiltools.com](http://www.airfoiltools.com)

## **BIODATA PENULIS**



Andre Arya Bramantiko merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Sidoarjo pada tanggal 23 Maret 1993. Saat ini penulis tinggal di kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo bersama keluarganya. Penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Negeri 2 Taman, SMP Negeri 1 Taman, SMA 1 Taman dan pada

tahun 2011 penuliis melanjutkan studi di S1 jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS. Penulis menulis Tugas Akhir bidang Marine Manufacturing & Design (MMD)